

Tartu Ülikool  
Sotsiaalteaduste valdkond  
Haridusteaduste instituut  
Õpetajahariduse õppekava

Geidi Mitt

**LIITREAALSUSE KASUTAMISE MÕJU SÜSIVESINIKE TEEMA  
ÕPPIMISEL KEEMIAS**

Magistritöö

Juhendaja: MSc Teele Jürivete

Kaasjuhendaja: haridustehnoloogia professor Margus Pedaste

Tartu 2020

Liitreaalsuse kasutamise mõju süsivesinike teema õppimisel keemias

### **Resümee**

Silmale nähtamatud objektid või nähtused võivad õpilastele tihtipeale tunduda liialt abstraktsed, millest tulenevalt võib väheneda ka õpimotivatsioon. Liitreaalsuse tehnoloogiat, mis on interaktiivne ja mida on võimalik kasutada kasvõi nutitelefonides, peetakse üheks võimaluseks, mille kaudu võiks saavutada abstraktsete teemade omandamisel paremaid tulemusi ja suurendada õpimotivatsiooni. Käesolevas töös uuriti, kuidas mõjutab liitreaalsuse kasutamine aineteadmiste ja -oskuste omandamist ning õpimotivatsiooni keemias süsivesinike teema õppimisel. Selleks töötati välja õppematerjalid, mida kasutati 9. klassi keemiatundides. Ainealaste testide ja motivatsiooniküsimustike kaudu uuriti, kuidas koostatud õppematerjalide kasutamine mõjutab õpilaste teadmisi ja õpimotivatsiooni. Leiti, et 9. klassi õpilaste aineteadmisi liitreaalsuse kasutamine olulisel määral ei mõjutanud, ent oli märgata vähest mõju teadmiste pikemaajalisele säilimisele. Võrreldes omavahel õpilasi, kes kasutasid õppimisel liitreaalsust õpilastega, kes kasutasid kahemõõtmelisi jooniseid, ei leitud märkimisväärsed erinevusi õpimotivatsioonis. Liitreaalsuse kasutamise peamise takistusena tõid õpilased välja võimalikud tehnilised probleemid.

Märksõnad: liitreaalsus, keemia õppematerjalid

## The effect of using augmented reality in chemistry on the topic of hydrocarbons

### **Abstract**

Objects and phenomena that can not be seen with a naked eye may seem too abstract for students and therefore, they may also be less motivated to learn. Augmented reality – an interactive technology that can even be used with smartphones – is believed to be one of the possibilities to increase learning motivation and achieve better learning outcomes when studying about abstract topics. In this study, the effect of using augmented reality in chemistry was investigated. Worksheets on the topic of hydrocarbons were developed and tested with ninth graders. Tests and motivation questionnaires were used to investigate the effect on students' learning outcomes and motivation. It was found that using augmented reality did not have a significant impact on learning outcomes but had a little impact on the long-term retention of knowledge. There was also found no significant differences in learning motivation between students that used augmented reality and those who used two-dimensional figures. Technical issues were the most frequently mentioned disadvantages of using augmented reality in learning.

**Keywords:** augmented reality, chemistry learning material

## **Sisukord**

Resümee .....	2
Abstract .....	3
Sissejuhatus .....	6
1. Kirjanduse ülevaade .....	7
1.1. Liitreaalsuse olemus .....	7
1.2. Liitreaalsus ja haridus .....	8
1.2.1. Liitreaalsuse kasutamine uute teadmiste ja oskuste omandamisel .....	10
1.2.2. Liitreaalsuse kasutamine õpimotivatsiooni suurendamiseks .....	12
1.2.3. Liitreaalsuse kasutamise kitsaskohad .....	13
2. Metoodika.....	14
2.1. Valim ja andmete kogumine.....	14
2.2. Tegevusuuringu etapid .....	15
2.3. Õppematerjalide koostamine .....	19
2.4. Andmete analüüs .....	21
3. Tulemused .....	21
3.1. Liitreaalsuse kasutamise mõju ainealastele teadmistele ja oskustele .....	21
3.2. Liitreaalsuse kasutamise mõju õpilaste õpimotivatsioonile .....	23
3.3. Õpilaste hinnangud liitreaalsuse kasutamise eelistele ja puudustele õppetöös .....	26
4. Arutelu.....	27
Tänu sõnad .....	31
Autorsuse kinnitus.....	31
Kasutatud allikad.....	32
Lisa 1. Katserühma tööleht – süsivesinikud.....	37
Lisa 2. Kontrollrühma tööleht – süsivesinikud .....	40
Lisa 3. Katserühma tööleht – süsivesinike paljususe .....	43
Lisa 4. Kontrollrühma tööleht – süsivesinike paljususe .....	47

Lisa 5. Ainealane test .....	50
Lisa 6. Õpilaste motivatsiooniküsimustik – eelküsimustik .....	54
Lisa 7. Õpilaste motivatsiooniküsimustik – järelküsimustik .....	56
Lisa 8. Õppematerjalide selgitused ja lahendused ekspertõpetajatele.....	58
Lisa 9. Küsimustik ekspertõpetajatele.....	61
Lisa 10. Kontrollrühmaga kasutatud kahemõõtmelised joonised .....	62
Lisa 11. Katse- ja kontrollrühma motivatsioon.....	67

## **Sissejuhatus**

Erinevad uudsed tehnoloogiad on saanud paljude inimeste elude lahutamatuks osaks, mistõttu on neil oluline roll õppimisprotsessis. Selleks, et pakkuda 21. sajandi oskustele vastavat haridust, tuleb uudseid tehnoloogiaid ka koolides üha rohkem kasutusele võtta. Üheks selliseks tehnoloogiaks on liitreaalsus, mis kujutab endast simuleeritud keskkonda, milles on omavahel seotud pärismaailm ja sinna lisatavad digitaalsed objektid (Azuma, 1997).

Kuigi liitreaalsuse ajalugu ulatub juba eelmisesse sajandisse, pole haridusvaldkonnas veel väga palju pikaajalisi liitreaalsuse efektiivsust tõestavaid uuringuid läbi viidud.

Arvatakse, et liitreaalsuse kasutamine pakub võimalust paremini aru saada silmale nähtamatutest objektidest ja/või protsessidest (Wu, Lee, Chang & Liang, 2013), suurendades seeläbi õpimotivatsiooni ja aidates saavutada paremaid õpitulemusi (Akçayır & Akçayır, 2017; Bacca, Baldiris, Fabregat, Graf & Kinshuk, 2014; Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018; Saltan & Arslan, 2017; Yilmaz, 2018).

Põhikooli keemia ainekavas on mitmeid teemasid, mis võivad õpilaste jaoks olla esialgu abstraktsed, sest need käsitlevad silmale nähtamatut. Seetõttu võiks selliste teemade omandamisel kasutada liitreaalsust. Eesti haridusmaastikul on vähesel määral uuritud liitreaalsuse kasutamise võimalikkust (Prokopenko, 2017; Sliusar, 2017). Samas on siiani koostatud õppematerjalid enamasti võõrkeelsed ega anna õpetajatele juurde õppekavadega piisavalt seotud eesmärgipäraseid juhiseid, mistõttu ei leia need Eestis laialdast kasutust. Kindlasti on paljud Eesti õpetajad liitreaalsust ka õppetöös rakendanud, kuid praeguseks ei ole läbi viidud liitreaalsuse kasutamise tõhususega seotud uuringuid. Eelnevast tulenevalt on käesolevale tööle püstitatud järgnevad eesmärgid:

- anda lühiülevaade liitreaalsusest ja selle kasutamisest haridusvaldkonnas;
- koostada eestikeelsed liitreaalsusel põhinevad õppematerjalid süsinikuühendite õppimiseks ja neid 9. klassi õpilastega testida;
- analüüsida, kuidas mõjutab liitreaalsuse kasutamine õpilaste õpitulemusi ja õpimotivatsiooni;
- leida liitreaalsuse kasutamise kitsaskohad.

Eesmärkidest lähtuvalt sõnastati tööle kolm uurimisküsimust:

1. Kuidas võimaldab liitreaalsuse kasutamine õppetöös uusi aineteadmisi ja -oskusi omandada?

2. Kuidas oleneb liitreaalsuse kasutamisest õpilaste õpimotivatsioon?
3. Millised on peamised takistused liitreaalsuse ulatuslikumal kasutamisel õppetöös?

## **1. Kirjanduse ülevaade**

### **1.1. Liitreaalsuse olemus**

Liitreaalsuse (ingl k *augmented reality*, AR) ajalugu ulatub 1960.-tesse, kuid liitreaalsuse mõiste võeti kasutusele lennunduse valdkonnas töötanud Tom Caudell'i poolt 1990.-te alguses (Caudell & Mizell, 1992). Algselt kasutati liitreaalsust peamiselt lennunduses ja filminduses, kuid ajapikku on see jõudnud väga paljudesse valdkondadesse.

Liitreaalsus kujutab endast simuleeritud keskkonda, milles on omavahel seotud pärismaailm ja sinna lisatavad digitaalsed objektid (Azuma, 1997; joonis 1). Sageli kasutatakse mõistega liitreaalsus koos virtuaalreaalsuse (ingl k *virtual reality*, VR) mõistet. Virtuaalreaalsus kujutab endast aga keskkonda, kus kasutaja on mingi seadme (näiteks virtuaalreaalsuse prillide) abil täielikult digitaalmaailma eraldunud. Seega on liitreaalsus midagi virtuaal- ja reaalmaailma vahelist, täiendades reaalset maailma digitaalsete objektidega, mitte asendades seda täielikult virtuaalsega (Azuma, 1997; Lee, 2012; Milgram, Takemura, Utsumi, & Kishino, 1994).

Liitreaalsuse kaudu on võimalik vaatevälja täiendada kolmemõõtmeliste mudelite, animatsioonide, videote või tekstidega (Lee, 2012). Sidumaks pärismaailma virtuaalmaailmaga läbi liitreaalsuse, on vaja kasutada kaamera varustatud nutiseadet (näiteks nutitelefon, tahvelarvuti) või peakomplekti. Cheng ja Tsai (2013) jagavad liitreaalsuse rakendused kuvandi- (ingl k *image based*) ja asukohapõhiseks (ingl k *location based*). Kuvandipõhised rakendused põhinevad graafiliste kujundite tuvastamisel, asukohapõhised rakendused vajavad toimimiseks GPS-i signaali. Pärast märguande tuvastamist kuvatakse mõlema rakenduse tüübi puhul kasutaja ekraanile liitreaalsusega seotud info, milleks võivad olla näiteks kolmemõõtmelised mudelid, videod või tekst. Liitreaalsuse rakendusi saab jagada ka markeripõhisteks ja markerita töötavateks (Carbonell Carrera & Bermejo Asensio, 2017; Johnson, Levine, Smith & Stone, 2010). Markeritena kasutatakse kaamera abil tuvastatavaid mustreid, mille kaudu kuvatakse kasutajale virtuaalne informatsioon. Sageli on markeriteks näiteks QR-koodid. Markerita töötavad rakendused

vajavad enamasti töötamiseks GPS-signaali ja sõltuvad seetõttu asukohast, samas on olemas ka sellised rakendusi, mille puhul kasutatakse digitaalse info kuvamiseks sensoreid. Lisaks eelnevalt nimetatule võib rakenduste tüüpe kirjeldada läbi ARCore ja ARKit raamistike – mõlemad raamistikud võimaldavad tuvastada tasaseid pindu ja seeläbi kuvada liitreaalsuse objektid näiteks põrand- või lauapinnale (Nowaki & Woda, 2019).



Joonis 1. Liitreaalsuse kasutamine nutitelefoniga. Joonisel on kujutatud Sketchfab rakendusest pärineva metaani molekulmodeli uurimist.

## **1.2. Liitreaalsus ja haridus**

Tehnoloogia areneb pidevalt ja kiiresti. Erinevad uudsed tehnoloogiad on saanud paljude inimeste elude lahutamatuks osaks, mistõttu on neil õppimisprotsessides oluline roll. Igapäevane digivahendite kasutamine mõjutab ümbritseva informatsiooni tajumist ja töötlemist, mõtlemis- ja õppimisprotsesse ning võimet töötada mitme asjaga samaaegselt (Kiryakova, Angelova, & Yordanova, 2018). Uudseid tehnoloogiaid tuleks kaasata üha enam ka haridusvaldkonda, sest nende kasutuselevõtt aitab arendada digipädevusi. Põhikooli



riiklikus õppekavas (Põhikooli riiklik õppekava, 2011) on sätestatud, et õppijad peavad kasutama probleemilahenduseks sobivaid digivahendeid ja -võtteid, lisaks suutma kasutada uuenevat digitehnoloogiat selleks, et paremini kiiresti muutavas ühiskonnas toime tulla. Üheks uueks tehnoloogiaks saab pidada ka liitreaalsust. Alates 2011. aastast on üha rohkem avaldatud liitreaalsusega seotud uuringute tulemusi, arvatavasti seetõttu, et liitreaalsuse rakendused on tänu nutitelefonidele laiemalt tavakasutusse jõudnud (Akçayır & Akçayır, 2017; Altinpulluk, 2019).

Mitmed autorid on leidnud, et peamiselt kasutatakse liitreaalsust loodus- ja reaalinete õppimisel (Altinpulluk, 2019; Bacca *et al.*, 2014; Yilmaz, 2018). Ibáñez ja Delgado-Kloos (2018) avaldasid ülevaateartikli liitreaalsuse kasutamisest STEM (teadus, tehnoloogia, inseneeria ja matemaatika; ingl *science, technology, engineering, mathematics*) valdkondades ja leidsid, et kõige rohkem kasutatakse liitreaalsuse rakendusi füüsikas, matemaatikas ja bioloogias. STEM valdkonnas kasutatakse liitreaalsust ka uurimuslike oskuste arendamiseks – näiteks 2020. aastal avaldatud ülevaateartiklis analüüsiti uuringuid, kus uurimuslikku õpet ja liitreaalsust kasutati koos ning selgus, et 13 uuringut 15-st kasutas neid koos just STEM valdkonnas (Pedaste, Mitt & Jürivete, 2020). Lisaks STEM valdkonnale kasutatakse liitreaalsust näiteks veel keeleõppes, psühholoogias, kunstis, meditsiini valdkonnas, humanitaarteadustes (Altinpulluk, 2019; Bacca *et al.*, 2014; Yilmaz, 2018).

Põhiliselt kasutatakse liitreaalsust põhi- ja keskkhariduses, samuti kõrghariduses, vähem täiskasvanuhariduses ja eelkooli tasemel (Akçayır & Akçayır, 2017; Yilmaz, 2018). Üheks võimalikuks põhjuseks, miks liitreaalsust enim põhi- ja keskkhariduses kasutatakse, võib olla see, et selles vanuses õppijad omandavad teadmisi efektiivsemalt läbi visualiseerimise (Akçayır & Akçayır, 2017). Teise põhjusena tuuakse välja, et selles vanuses õppijad veedavad suure osa ajast digimaailmas, mistõttu võiks läbi liitreaalsuse olla neid lihtsam õppimisse kaasata (Lee, 2012).

Yuen ja kaasautorid jagavad liitreaalsuse rakendatavuse suunad hariduses viieks: uurimuslikul õppel põhinev, objektide modelleerimine, oskuste arendamine, raamatud ja mängud (Yuen, Yaoyuneyong & Johnson, 2011). Uurimuslikul õppel põhinevaid liitreaalsuse rakendusi kasutatakse sageli muuseumites, ajalooliste kohtade või objektide ja astronoomia õppimisel. Näiteks on uurimuslikku õpet koos liitreaalsusega kasutatud selleks, et õppida neoliitikumi ajal elanud inimeste elutingimuste kohta (Efsthathiou, Kyza & Georgiou, 2018).

Samuti selleks, et botaanikaaias viibides õppida erinevate alade (näiteks vihmametsade) kooslusi paremini tundma (Huang, Chen & Chou, 2016). Arhitektuurivaldkonnas on kasu objektide modelleerimisega seotud rakendustest, lennunduses oskuste arendamisega seotud rakendustest. Liitreaalsusel põhinevad raamatud ja mängud pakuvad interaktiivseid lahendusi erinevatele vanuseastmetele. Näiteks saab kuvada õpiku kahemõõtmelise pildi kolmemõõtmelisena.

Haridusvaldkonnas nähakse liitreaalsuse puhul mitmeid eeliseid. Eelkõige peetakse selle kasutamisel hariduses oluliseks seda, kuidas tehnoloogia abil toetada eesmärgistatud õppimist (Wu *et al.*, 2013). Enamasti kasutatakse liitreaalsuse rakendusi õppetöös selleks, et saavutada paremaid õpitulemusi, suurendada õpimotivatsiooni ja õppeprotsessiga rahulolu ning mitmekesistada õpikeskkonda (Altinpulluk, 2019). Dunleavy ja kaasautorite (2009) järgi on liitreaalsuse suurimaks eeliseks aga see, et kombineerides omavahel digitaalseid ja füüsilisi objekte, saab arendada 21. sajandi oskuseid, nagu näiteks kriitiline mõtlemine, probleemide lahendamise oskus ja koostööoskus.

Järgnevad kaks alapeatükki annavad ülevaate, kuidas võiks liitreaalsuse kasutamine aidata kaasa uute teadmiste ja oskuste omandamisele ning õpimotivatsiooni suurendamisele. Kolmas alapeatükk annab ülevaate liitreaalsuse kasutamise kitsaskohtadest. Kuna käesoleva töö uurimuslik osa viidi läbi keemiatundides, siis põhinevad järgmistes alapeatükkides toodud näited loodusainetel.

### **1.2.1. Liitreaalsuse kasutamine uute teadmiste ja oskuste omandamisel**

Mitmed autorid toovad välja, et kõige rohkem keskendutakse liitreaalsuse kasutamisel õppetöös uute teadmiste efektiivsemale omandamisele ja õpitulemuste parandamisele (Altinpulluk, 2019; Bacca *et al.*, 2014; Saltan & Arslan, 2017; Yilmaz, 2018). Peamiselt tuuakse erinevates uuringutes välja, et liitreaalsuse kasutamine aitab kaasa uute teadmiste paremale mõistmisele ja nende pikemaajalisele säilimisele, arendab kavandamisoskusi (Saltan & Arslan, 2017), samuti nähakse kasu tõlgendamisoskuse, probleemide lahendamise oskuse ning loovuse arendamisel (Yilmaz, 2018).

Liitreaalsuse üheks eeliseks peetakse võimalust õppida protsesside ja objektide kohta, mida palja silmaga pole võimalik näha (Wu *et al.*, 2013). Nendeks on kas liiga väikesed või

suured objektid, liiga kiiresti või liiga aeglaselt toimuvad protsessid. On uuritud, et liitreaalsus võiks olla heaks vahendiks päikesesüsteemi õppimisel või fotosünteesi visualiseerimisel (Liu, Cheok, Mei-Ling, & Theng, 2007), elektromagnetismi kohta teadmiste omandamisel (Billinghurst & Dünser, 2012) või aatomite ja molekulide kohta õppimisel (Cai, Wang & Chiang, 2014). Billinghurst ja Dünser (2012) viisid läbi uuringu, milles võrdlesid omavahel õpilaste ruumilise mõtlemise oskust füüsikas elektromagnetismi kohta õppimisel – üks õpilaste grupp õppis teemat kahemõõtmeliste õpiku piltide järgi, teine grupp aga kasutas piltide asemel liitreaalsust ja kolmemõõtmelisi mudeleid. Sellest uuringust selgus, et teadmiste omandamisel saavutas 12% võrra paremaid tulemusi liitreaalsuse grupp. Seega võib liitreaalsus aidata omandada mikro- ja makromaailmast paremat ettekujutust ja arendada ruumilist mõtlemist, kuna võimaldab liikuda objektide sisse ja vaadelda neid erinevatest külgedest. Cai ja kaasautorid (2014) uurisid liitreaalsuse mõju keemias aine ehituse teemade õppimisel ning leidsid, et liitreaalsuse kasutamine aitas õpitavat paremini omandada. Sealjuures leiti, et õpitulemuste paranemisel oli suurem mõju madalama õppeedukusega õpilastele.

Liitreaalsus võib aidata arendada laboratoorsete oskuste omandamist ja efektiivsemalt katseid läbi viia. Kuigi laboritöök on vajalike oskuste arenemiseks on vaja teha lisaks päris eksperimente, siis on olukordi, kus päris katseid saab asendada digivahendite abil tehtavate katsetega (de Jong, Linn & Zacharia, 2013), näiteks kui koolide laborites on puudu vajalikest vahenditest, tunnis on vähe aega praktiliste tööde sooritamiseks või on mõned eksperimendid liialt ohtlikud. Akçayır ja kaasautorid (2016) viisid läbi uuringu, milles võrdlesid omavahel kahte üliõpilaste gruppi – üks grupp kasutas keemias laboratoorsete töövõtete omandamiseks liitreaalsust, teine grupp kasutas selleks kahemõõtmelisi jooniseid. Uuringus leiti, et juba viie nädalaga paranesid liitreaalsuse grupi õppijate laboratoorsed töövõtted rohkem kui grupil, kus kasutati õppimiseks kahemõõtmelisi jooniseid. Teise näitena võib välja tuua füüsikas läbiviidud uuringu, kus kasutati liitreaalsust selleks, et õpilased õpiksid paremini selgitama gaasidega molekulaarsel tasemel toimuvaid protsesse (Chiu, DeJaegher & Chao, 2015). Nimetatud uuringus leiti, et paranesid nii õpilaste selgitamisoskused kui ka arusaamad gaaside ja temperatuuri omavahelistest seostest. Samuti aitavad eelnevalt toodud näited keemiast ja füüsikast õpilastel paremini aimu saada sellest, kuidas teadlased töötavad. Kasutades liitreaalsust lõimituna uurimusliku õppena, saavad õpilased võtta teadlase rolli, et lahendada erinevaid teaduslikke probleeme ja läbida loodusteadusliku uurimismeetodi erinevaid etappe. Näiteks viidi läbi uuring 11. klassi õpilastega, kus õpilased pidid lahendama kohaliku järve

partide populatsiooniga seonduvat probleemi ning selgus, et nii on võimalik parendada õpilaste probleemilahendusoskusi (Kyza & Georgiou, 2019).

Teisalt on avaldatud ka uuringute tulemusi, milles ei leita, et liitreaalsuse kasutamine aitaks õpitava omandamisele märkimisväärselt kaasa. Näiteks viidi 2019. aastal 9. klasside õpilaste seas läbi viis nädalat kestnud uuring, milles koostati liitreaalsusel põhinevad õppematerjalid algloomade, seente, taimede ja loomade rakkude teema õppimiseks (Erbas & Demirer, 2019). Uuringus leiti, et õpitulemused ei muutunud, kui õppimisel kasutati liitreaalsuse mudeleid. Ühe võimaliku põhjusena toovad autorid välja, et õpilased keskendusid rohkem tehnoloogiale kui õppesisule.

### **1.2.2. Liitreaalsuse kasutamine õpimotivatsiooni suurendamiseks**

Suures osas uuringutest, mis keskenduvad liitreaalsuse kasutamisele õppetöös, tuuakse välja, et tänu liitreaalsuse kasutamisele suureneb õpilaste õpimotivatsioon, samuti paraneb suhtumine ja rahulolu õpitavasse (Akçayır & Akçayır, 2017; Bacca *et al.*, 2014; Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018; Yilmaz, 2018). Suurema õpimotivatsiooni ja -rahulolu korral on õppija käitumine suunatud paremate tulemuste saavutamisele, seega on motivatsioonil akadeemiliste tulemuste saavutamisel suur roll (Plante, O'Keefe & Théorêt, 2013).

Kuna liitreaalsus on interaktiivne ja selle kaudu on võimalik koheselt saada asjakohast informatsiooni läbi kolmemõõtmeliste mudelite, tekstide või videote, siis võib see olla üks põhjus, miks õpilaste õpimotivatsioon suureneb (Chiang, Yang & Hwang, 2014). Samuti tuuakse välja, et positiivne hoiak ja motivatsioon võivad olla seotud sellega, et liitreaalsuse kaudu saab mängulisemalt õppida (Lu & Liu, 2015).

Erbas ja Demirer (2019) viisid läbi liitreaalsuse kasutamise uuringu bioloogia tundides ja leidsid, et õpilaste õpimotivatsioon suurenes. Uuringus osalenud õpilased tõid intervjuude käigus välja, et tänu liitreaalsusele oli neil võimalik õppida nende liikide kohta, kelle kohta nad varem midagi ei teadnud, samuti saada paremat aimu rakkude struktuurist, mistõttu nad tundsid, et nende motivatsioon õppida oli suurem. Õpimotivatsiooni on uuritud ka toiduvõrgustiku teema õppimisel, kasutades liitreaalsuse kombineerimist mõistekaardi koostamisega (Chen, Chou, & Huang 2016). Seejuures leiti, et motivatsioon suurenes tänu sellele, et liitreaalsuse kasutamine lihtsustas uue teema omandamist ja aitas seda õpilaste jaoks konkreetsemaks muuta. Liitreaalsuse mõju motivatsioonile on uuritud ka näiteks

füüsikas elektri teemade õppimisel. Ibáñez ja kaasautorid (2015) uurisid õpilaste motivatsiooni läbi nelja aspekti (tähelepanu, olulisus, enesekindlus, rahulolu) ning leidsid seose motivatsiooni ja tehtud töö eest saadud punktiskoori vahel - mida parema skoori õpilane sai, seda suurem oli tema õpimotivatsioon. Samas näiteks Chang, Hsu ja Wu (2016) poolt tuumaelektrijaamade ja radioaktiivse saaste teemadel läbiviidud uuringust ei leitud, et liitreaalsuse grupil oleks kontrollgrupist märgatavalt kõrgem õpimotivatsioon, kuigi liitreaalsuse grupp saavutas paremaid tulemusi õpitava teadvustamisel.

### **1.2.3. Liitreaalsuse kasutamise kitsaskohad**

Kuigi liitreaalsuse kasutamine tundub üsna lihtne, sest seda on võimalik kasutada kasvõi nutitelefonide abil, siis võime sellegipoolest kokku puutuda erinevate tehniliste probleemidega. Kitsaskohaks võivad osutuda keerulised kasutajaliidesed ja ebapiisavad juhised, mis raskendavad õpilastel liitreaalsuse rakenduste kasutamist (Akçayır & Akçayır, 2017). Samuti pole piisaval hulgal õppetöös sobivaid liitreaalsuse mudeleid ja/või rakendusi või need pole kuigi kvaliteetsed, mistõttu võivad õpilased rakendustes pettuda ja mitte soovida neid edasi kasutada (Bacca *et al.*, 2014). Lisaks võib kitsaskohaks osutuda see, et mida rohkem seadmeid samaaegselt kasutatakse, seda suurem võimalus on, et seadmete kasutamisel esineb tõrkeid (Wu *et al.*, 2013).

Tunnis tekkivad tehnilised probleemid nõuavad lisaaega, mis tähendab, et liitreaalsuse efektiivseks kasutamiseks õppetöös peab kindlasti aega varuma (Dunleavy & Dede, 2014; Muñoz-Cristobal *et al.*, 2015). Lisaks võivad õpilased esialgu pöörata liigselt tähelepanu tehnoloogiale ja keskenduda vähem õppesisule (Akçayır & Akçayır, 2017; Bacca *et al.*, 2014; Erbas & Demirer, 2019), mis võib olla hetkel selgitatav asjaoluga, et liitreaalsust on hariduses veel vähe kasutatud ja enamikes läbiviidud uuringutes puutuvad õpilased selle tehnoloogiaga esmakordselt kokku.

Sageli võib olla kitsaskohaks ka see, et õpetajatel puudub valmisolek uudsete tehnoloogiate kasutusele võtmiseks. See võib tuleneda mitmest asjaolust. Esiteks nõuab uudsete tehnoloogiatega tutvumine lisaaega ja edukad kogemused liitreaalsuse kasutamisel sõltuvad õpetaja valmisolekust ning eelnevast ettevalmistusest (Dunleavy & Dede, 2014). Teiseks on puudus sellistest liitreaalsuse rakendustest, mis võimaldaksid õpetajatel ise tunnil vastavat sisu luua (Bacca *et al.*, 2014). Kuigi on olemas rakendusi, kus õpetaja saab ise mudeleid luua, on selleks vaja teatud oskusi ja aega. Ühe takistusena näha ka keelelist aspekti,

sest enamikke siiani loodud liitreaalsuse mudeleid ja rakendusi ei saa kasutada mitmes keeles. Näiteks Eesti kontekstis võib öelda, et enamik materjale on võõrkeelsed, mistõttu ei leia need arvatavasti praegu veel kuigi laialdast kasutust. Lisaks peetakse Eestis liitreaalsuse rakendamisel takistavaks teguriks asjaolu, et ei ole saadaval õppematerjale, mille puhul õpetajad näeksid nende kasutamisel sisulist lisaväärtust (Pedaste, Jürivete & Reinart, 2019).

## **2. Metoodika**

Käesolevas töös kasutati tegevusuuringut, sest töö autor on ise uuritavate õpilaste õpetaja. Tegevusuuring kujutab endast oma töö süstemaatilist ja eesmärgistatud uurimist, mille käigus saab siduda praktika teooriaga, keskenduda kitsamale grupile ehk antud juhul oma õpilastele ning uurida süvitsi enda õpetamisviise.

### **2.1. Valim ja andmete kogumine**

Uurimistöös kasutati mugavusvalimit, mille moodustasid ühe Harjumaa põhikooli kahe üheksanda klassi kolm segarühma (kahe paralleelklassi õpilased jagatud kolmeks väiksemaks rühmaks). Valimis oli kokku 29 õpilast – 18 õpilast katserühmas ja 11 õpilast kontrollrühmas. Uuring viidi läbi keemiatundide ajal. Andmeid koguti ainealaste testide, õpilaste motivatsiooniküsimustike, õpilastele esitatud avatud küsimuste ja uurijapoolsete vaatluste kaudu.

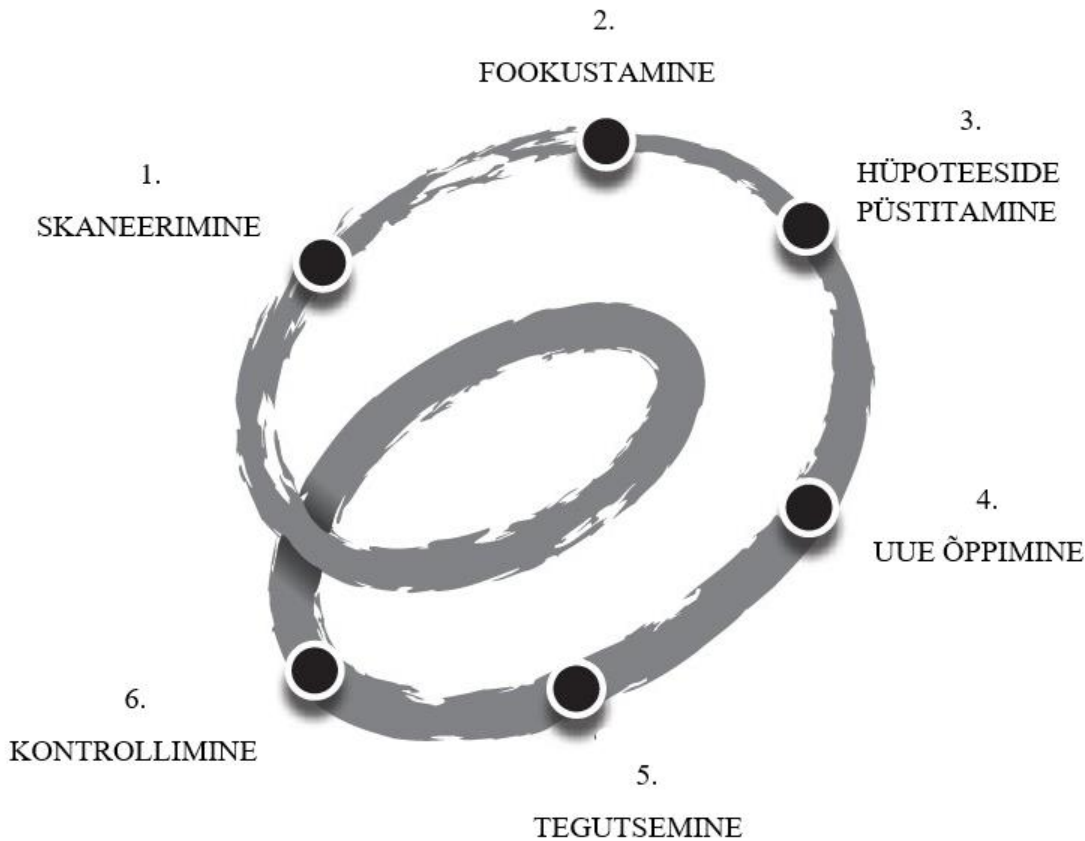
Esimesele uurimisküsimusele (“Kuidas võimaldab liitreaalsuse kasutamine õppetöös uusi aineteadmisi ja -oskusi omandada?”) leiti vastus õppematerjalide (Lisad 1–4) katsetamisele järgnenud ainealaste testide (Lisa 5) kaudu. Õpilaste teadmisi kontrolliti õppematerjalide kasutamisele järgneval nädalal ja ligikaudu kuu möödudes õpitu pikaajalisema efekti leidmiseks. 10 valikvastusega küsimusest koosnev ainealane test (Lisa 5) koostati *www.flexiquiz.com* keskkonnas. Test kontrollis järgmisi teadmisi ja oskusi: nimetuse ja valemi järgi alkaanide tundmine (küsimused 1, 2, 8, 9), valemite esinevate sidemete arvu (küsimused 3, 4, 10), süsinikuahela kuju (küsimus 5) ja joonise järgi süsivesinike eristamine (küsimused 6, 7). Õpilastel oli mõlemal korral testi lahendamiseks aega maksimaalselt 10 minutit, küsimused kuvati õpilastele juhuslikus järjekorras. Lisaks saadeti õpilastele koos kohese ja hilise järeltestiga Stuudiumi e-päeviku vahendusel ülesanne joonistada ühe juhuslikkuse alusel saadud alkaani (metaan, etaan, propaan, butaan, pentaan, heksaan, heptaan, oktaan, nonaan või dekaan) nimetuse järgi selle molekulmudel.

Teisele uurimisküsimusele (“Kuidas oleneb liitreaalsuse kasutamisest õpilaste õpimotivatsioon?”) leiti vastus motivatsiooniküsimustike (Lisad 6–7) kaudu, mis paluti kõikidel õpilastel täita enne ja pärast õppematerjalide kasutamist. Motivatsiooniküsimustik loodi *Google Forms* keskkonnas. Käesolevas töös kasutati 36 väitest koosnevat motivatsiooniküsimustikku, mida õpilane pidi hindama viiepallisel Likerti skaalal (1 – ei nõustu üldse, 2 – pigem ei nõustu, 3 – nii ja naa, 4 – pigem nõustun, 5 – nõustun täielikult). Küsimustiku koostamisel lähtuti IMMS (ingl k *Instructional Materials Motivation Survey*) küsimustikust (Keller, 2010), mis kohandati eesti keelde. Antud küsimustik põhineb ARCS (ingl k *Attention, Relevance, Confidence, Satisfaction*) motivatsioonimudelil ja sisaldab väiteid nelja motivatsioonifaktori - tähelepanu, olulisus, enesekindlus, rahulolu – kohta. Tähelepanu faktori kohta on küsimustikus 12 (väited 2, 8, 11, 12, 15, 17, 20, 22, 24, 28, 29, 31), olulisuse (väited 6, 9, 10, 16, 18, 23, 26, 30, 33) ja enesekindluse (väited 1, 3, 4, 7, 13, 19, 25, 34, 35) kohta mõlemal juhul üheksa ning rahulolu kohta kuus (väited 5, 14, 21, 27, 32, 36) väidet. Motivatsiooniküsimustiku 10 väidet (väited 3, 7, 12, 15, 19, 22, 26, 29, 31, 34) olid sõnastatud negatiivselt (madalam skoor tähistas õppija kõrgemat motivatsiooni) ja tulemuste analüüsil pöörati need väited ümber.

Kolmandale uurimisküsimusele (“Millised on peamised takistused liitreaalsuse ulatuslikumal kasutamisel õppetöös?”) leiti vastus kahe avatud küsimuse ja uurijapoolsete vaatluste kaudu. Pärast kahe õppematerjali testimist keemiatundides esitati katserühma õpilastele kaks avatud küsimust (“Millised on sinu arvates liitreaalsuse õppetöös kasutamise eelised?” ja “Millised on sinu arvates liitreaalsuse õppetöös kasutamise puudused?”). Vastused nendele küsimustele koguti kirjalikult.

## 2.2. Tegevusuuringu etapid

Tegevusuuring on pidev etapiviisiline protsess. Selleks sõnastatakse uurimisküsimused, kogutakse ja analüüsitakse andmeid, tegutsetakse lähtuvalt saadud uutest teadmistest ja jagatakse saadud tulemusi (Fichtman Dana, 2016). Käesolevas töös kasutati Timperley uurimisspiraali (Timperley, Kaser, & Halbert, 2014), mille järgi koosneb tegevusuuring kuuest etapist (joonis 2).



Joonis 2. Timperley uurimisspiraal (joonis on modifitseeritud Timperley *et al.*, 2014 järgi).

Uurimisspiraal algab skaneerimise etapiga, milles asetatakse õppijad uurimuse keskmesse. Skaneerimine kujutab endast laiemat vaadet õppimisele, mille eesmärgiks on mõista, mis toimub õppijaga ja kuidas me seda teame. Sellele järgneb fookustamise etapp, milles kasutatakse skaneerimisel saadud teavet selleks, et tuvastada konkreetsem valdkond, millele keskendudes saaks luua suurimat muutust. Enamasti kaasneb selles etapis täiendava teabe hankimine, et tagada olukorra parem mõistmine. Kolmas etapp on hüpoteeside ehk oletuste püstitamine. Hüpoteesid püstitatakse lähtuvalt senistest kogemustest ja teadmistest ning leitakse see osa, mille suhtes oleks võimalik midagi muuta. Selles etapis otsitakse tõendusmaterjale oma hüpoteeside kontrollimiseks. Neljas etapp on uue õppimine, mis on tugevalt seotud muutustega õppijate õpikogemustes. See etapp on oluline mõistmaks, mille poolest võiks uus tegutsemisviis olla varasemast tõhusam. Viies etapp on tegutsemine, mis tähendab, et õpitakse uusi tegutsemisviise põhjalikumalt tundma. Uuritakse, mida saab teha



selleks, et muutus luua. Samuti hinnatakse, milline mõju on uuel tegutsemisviisil õppijatele. Viimane etapp on kontrollimine, milles uuritakse, kas muutus on olnud piisav. (Timperley *et al.*, 2014).

Järgnevalt on kirjeldatud käesolevas töös kasutatud uurimisspiraali kuue etapi sisu:

1. Skaneerimine.

Keemiaõpetajana on töö autor märganud, et õpilastel on sageli keeruline aru saada objektidest või nähtsustest, mida palja silmaga pole võimalik näha. Sellisteks objektideks on näiteks aatomid ja molekulid. Silmale nähtamatute objektide või nende nähtuste sisust aru saamisele kulub õpilastel enamasti kauem aega, samuti tunduvad õpilased selliste teemade õppimisel sagedamini ka vähem motiveeritud. Sellest tulenevalt hakkas töö autorit huvitama, kas lisaks tavapärastele praktikatele leidub veel midagi, mille abil toetada abstraktsete teemade õppimist, sealhulgas silmale nähtamatute objektide paremat visualiseerimist.

2. Fookustamine.

Kirjandusega tutvudes leiti, et üheks võimaluseks abstraktsete teemade õppimisel võiks olla liitreaalsus. Mitmetes varasemates uuringutes on leitud, et läbi liitreaalsuse kasutamise on õpilaste ainealased teadmised ja õpimotivatsioon suurenenud. Ühtlasi oli liitreaalsuse puhul tegemist tehnoloogiaga, mida töö autori õpilased varasemalt õppetöös kasutanud ei olnud.

3. Hüpoteeside püstitamine.

Selleks, et uurida, milline on liitreaalsuse kasutamise mõju aineteadmiste omandamisele ja õpimotivatsioonile, otsustati koostada õppematerjalid süsinikuühendite õppimiseks keemias. Töötati välja töölehed (Lisad 1–4), õpilaste motivatsiooniküsimustikud (Lisad 6–7) ja ainealane test (Lisa 5). Õppematerjalide koostamisel lähtuti erinevatest aspektidest (vt peatükk 2.3.). Ainealane test (Lisa 5) koostati eesmärgiga uurida, kas liitreaalsus võiks kaasa aidata süsinikuühendite teema efektiivsemale omandamisele. Küsimustikud koostati lähtuvalt püstitatud eesmärkidest analüüsida, kuidas mõjutab liitreaalsuse kasutamine õppetöös õpilaste õpimotivatsiooni. Õpilaste motivatsiooni hindamiseks valiti IMMS küsimustik seetõttu, et seda on mitmetes varasemalt avaldatud liitreaalsuse mõju hindavates

uuringutes tehtud (Chen *et al.*, 2016; Chiang *et al.*, 2014; Ibáñez *et al.*, 2015; Lu & Liu, 2015).

4. Uue õppimine.

Enne õppematerjalide testimist õpilastega kaasati uuringusse kolm ekspertõpetajat, kellel paluti koostatud õppematerjale hinnata ja tagasisidet anda. Selleks saadeti õpetajatele õppematerjalid (Lisad 1–4), õppematerjalide selgitused koos töölehtedel olevate ülesannete lahendustega (Lisa 8) ja koostati küsimustik (Lisa 9), et teada saada, kas ja mida tuleks töölehtede juures muuta. Ekspertõpetajateks olid kolm loodusainete õpetajat, kes on olnud õpetajad 4–10 aastat, sealhulgas keemiat on nad õpetanud 1,5–4 aastat. Kaks ekspertõpetajat olid varasemalt vähesel määral liitreaalsusega kokku puutunud, ühel puudus varasem kogemus. Ekspertõpetajatelt saadi kinnitust, et õppematerjali ülesanded on vastavuses riikliku õppekavaga, arusaadavad ja 9. klassi õpilastele jõukohased.

5. Tegutsemine.

Õppematerjale testiti kolmes 9. klassi rühmas keemiatundide ajal. Testimine leidis aset vahemikus 4.–13. märts 2020. Õpilased olid enne õppematerjali testimist läbinud järgnevad teemad: süsinik lihtainena, lihtsamad süsinikuühendid. Enne õppematerjalidega töötama asumist tutvustati õpilastele, kuidas liitreaalsust kasutada. Katserühma õpilastel paluti testimisele eelnevaks tunniks oma nutiseadmesse tõmmata *Sketchfab* rakendus ja QR-koodi lugeja. Koos õpetajaga prooviti rakenduste töötamine läbi ning alles siis alustati testimisega. Käesolevas töös koostatud ja testitud õppematerjalid koosnesid kahest töölehest (Lisad 1 ja 3), mida kasutati kahe erineva keemiatunni osana. Enne töölehtede kasutamist paluti õpilastel täita motivatsiooniküsimustik (Lisa 6). Kontrollrühm täitis samuti sama motivatsiooniküsimustiku ja kasutas sisult samu töölehti (Lisad 2 ja 4), kuid liitreaalsuse mudelite asemel olid kasutusel kahemõõtmelised pildid (Lisa 10). Pärast mõlema töölehe kasutamist paluti katserühma õpilastel vastata vabas vormis kahele küsimusele liitreaalsuse kasutamise eeliste ja puuduste kohta.

6. Kontrollimine.

Õppematerjalidega töötamisele järgneval tunnil paluti kõikidel õpilastel uuesti täita 36 väitest koosnev motivatsiooniküsimustik (Lisa 7), kasutades viiepallist Likerti tüüpi

skaalat. Õpilased lahendasid ka ainealase testi (Lisa 5) ja neil paluti joonistada ühe etteantud alkaani molekulmodel. Õpilastel paluti eelnevalt õpitud teemad üle korrata, ent neile ei antud täpsemat teavet selle kohta, mida töös küsitakse. Seda tehti vahemikus 18.–20. märts 2020. Ligikaudu kuu möödudes (vahemikus 15.–17. aprill 2020) paluti kõikidel õpilastel uuesti lahendada sama ainealane test ning joonistada erinevate alkaanide molekulmodelid. Õpilasi ei informeeritud eelnevalt testi toimumisest. Lõpuks võrreldi, millised erinevused esinesid katse- ja kontrollrühma vahel ning kas ja kuidas õpilaste teadmised aja jooksul muutusid.

### **2.3. Õppematerjalide koostamine**

Käesolevas töös koostati eestikeelsed liitreaalsusel põhinevad õppematerjalid süsinikuühendite õppimiseks, mida kasutati 9. klassi õpilastega keemiatundides.

Õppematerjalide koostamisel lähtuti järgnevatest aspektidest:

1) Õppematerjalide vastavus põhikooli riikliku õppekava keemia ainekavale.

Kuna koostatud õppematerjale kasutati 9. klassi keemiatundides, siis võeti nende koostamisel aluseks põhikooli riikliku õppekava 9. klassi keemia ainekava. Keemia ainekava kohaselt on 9. klassis käsitletavad teemad järgmised: anorgaaniliste ainete põhiklassid, aine hulk ja moolarvutused, süsinik ja süsinikuühendid ning süsinikuühendite roll looduses ja süsinikuühendid materjalidena (Põhikooli riiklik õppekava, 2011, Lisa 4 Ainevaldkond „Loodusained”). Käesolevas töös valiti teemaks, mille kohta koostada õppematerjalid, süsinik ja süsinikuühendid. Muuhulgas peab 9. klassi õpilane saavutama süsinikuühendite teema kohta järgmised õpitulemused (Põhikooli riiklik õppekava, 2011, Lisa 4 järgi):

- analüüsima süsinikuühendite paljususe põhjuseid;
- eristama struktuurivalemi põhjal süsivesinikke, alkohole ja karboksüülhappeid.

Esimese õppematerjali (Lisad 1–2) eesmärgiks on suunata õpilasi analüüsima alkaanide ehitust ja koostama nende valemeid ning andma neile nimetusi. Alkaanide ehituse tundmine ei ole küll otseselt riiklikus õppekavas esitatud õpitulemus, kuid on eelduseks edasiste teemade (sealhulgas teise koostatud õppematerjali õppesisu) omandamiseks. Teise õppematerjali (Lisad 3–4) eesmärgiks on analüüsida süsivesinike paljususe põhjuseid ja eristada alkaane teistest süsivesinikest.

2) Liitreaalsuse tehnoloogia eesmärgipärane kasutamine.

Õppematerjali koostamisel lähtuti selle eesmärgipärasest kasutusvõimalusest. Selleks kasutati õppeülesannetes liitreaalsust seal, kus see võiks õppijatele praktilist lisaväärtust pakkuda, sest

hetkel on sellistest eestikeelsetest materjalidest puudus (Pedaste *et al.*, 2019). Lisaks ei võetud õppematerjali koostamisel eesmärgiks sisustada liitreaalsuse kasutamisega terve 45-minutiline tund, vaid see osa tunnist, kus sellest võiks kasu olla. Arvesse võeti ka võimalike tehniliste probleemide tekkimist, mille lahendamine nõuab samuti aega. Liitreaalsuse mudelid valiti lähtuvalt nende kättesaadavusest. Selleks kasutati mudeleid Sketchfab (*Sketchfab, Inc. www.sketchfab.com*) rakendusest. Sketchfab koondab kokku erinevaid 3D mudeleid, sealjuures leidub seal piisaval hulgal hariduslikel eesmärkidel kasutatavaid ja tasuta kättesaadavaid mudeleid. Mudelite valikul lähtuti nende ainealasest korrektsusest, tehnilisest kvaliteedist ja võimalusest neid kasutada nutitelefonides ning tahvelarvutites, sest just neis kasutatavatel lahendustel on suurem potentsiaal kiiremaks laialdaseks levikuks, kuna nutiseadmeid kasutavad peaaegu kõik kooliõpilased (Adov, Must & Pedaste, 2017; Pedaste *et al.*, 2017). Esimeses õppematerjalis (Lisa 1) kasutatakse nelja erinevat liitreaalsuse mudelit, et silmale nähtamatuid molekulaarseid objekte paremini visualiseerida ja mõista erinevate aatomite vahelisi sidemeid ning paigutust. Teises õppematerjalis (Lisa 3) kasutatakse viit erinevat liitreaalsuse mudelit, et silmale nähtamatuid molekulaarseid objekte paremini visualiseerida ja aidata mõista, mis põhjustab süsinikuühendite paljusust ning kuidas struktuurivalemite põhjal alkaane teistest süsinikuühenditest eristada. Kontrollrühmale koostati sisuliselt samad töölehed (Lisad 2 ja 4), ent liitreaalsuse mudelite asemel kasutati kahemõõtmelisi jooniseid (Lisa 10).

### 3) Erinevate õppijatüüpidega arvestamine.

Õppematerjalides sisalduvad tööjuhised ja ülesanded peavad õpilastele olema arusaadavad ning korrektselt vormistatud. Olulisel kohal on nende üheselt mõistetavus, selle puudumine võib põhjustada raskusi ülesannete lahendamisel, olla ebaefektiivne uute teadmiste omandamisel või vähendada õpilaste õpimotivatsiooni. Lisaks tuleb silmas pidada, et õppematerjal oleks eakohane, sest olemasolevad teadmised mõjutavad seda, kuidas õppijad uut informatsiooni mõistavad (Põhikooli riiklik õppekava, 2011). Veel tuleb arvesse võtta õppijate erinevat töötempot, mistõttu koostati õppematerjalid selliselt, et neid oleks lihtne iseseisvalt kasutada. Selleks lisati töölehtedele (Lisad 1–4) rohkem tekstilist informatsiooni, et õpilasel oleks vajadusel võimalik otsitavat teavet leida. Samuti arvestati sellega, et õpilased ei ole varasemalt kuigi palju liitreaalsusega kokku puutunud. Seetõttu lähtuti õpiülesannete koostamisel sellest, et ülesanded poleks esmasteks liitreaalsuse kogemusteks sisult liiga keerulised ja oleksid võimalikult konkreetsed.

## **2.4. Andmete analüüs**

Andmete analüüsimiseks kasutati statistikaprogrammi IBM SPSS Statistics. Kirjeldava statistika tegemiseks kasutati aritmeetilisi keskmisi ja standardhälbeid.

Motivatsiooniküsimustiku ja ainealase testi tulemuste vastavust normaaljaotusele kontrolliti Shapiro-Wilk testi kaudu. Kuna saadud tulemused ei vastanud normaaljaotusele ( $p < 0,05$ ), kasutati edasiseks analüüsiks Mann-Whitney U ja Wilcoxon teste. Mann-Whitney U testi kasutati katse- ja kontrollrühma ainealase testi ning motivatsiooniküsimustike tulemuste võrdlemisel. Wilcoxon testi kasutati selleks, et võrrelda katserühma kohese ja hilise järeltesti tulemusi ning motivatsiooniküsimustiku eel- ja järeltesti tulemusi, samad võrdlused viidi läbi ka kontrollrühma kuulunud õpilaste tulemustega.

## **3. Tulemused**

Järgnevates alapeatükkides on esitatud käesolevas töös saadud tulemused. Kohene ja hiline ainealane järeltest lahendati distantsõppel olles, mistõttu ei olnud töö autoril võimalik kontrollida, kas õpilased lahendasid testi materjalide abiga või ilma. Samuti täideti distantsõppel olles motivatsiooni järelküsimustik Seetõttu võivad saadud tulemused olla nimetatud asjaoludest mõjutatud.

### **3.1. Liitreaalsuse kasutamise mõju ainealastele teadmiste ja oskustele**

Liitreaalsuse kasutamise mõju ainealastele teadmiste ja oskustele hinnati põhiliselt valikvastustega testi (Lisa 5) kaudu. Testi iga küsimuse eest oli õpilasel võimalik saada üks punkt, seega maksimaalne võimalik tulemus oli 10 punkti. Nii koheses kui hilises järeltestis said kontrollrühma õpilased keskmiselt rohkem punkte kui katserühma õpilased (Tabel 1). Katse- ja kontrollrühma kohese järeltesti tulemuste vahel ilmnes statistiliselt oluline erinevus ( $p < 0,05$ ). Hilises järeltestis oli katserühma õpilaste keskmine tulemus kohesest testist 0,5 punkti võrra kõrgem, seevastu kontrollrühma tulemus langes ajaga 0,5 punkti võrra (Tabel 1). Seejuures ei olnud enam rühmade tulemuste vahel statistiliselt olulist erinevust. Seega ei pruugi liitreaalsuse kasutamine anda kahemõõtmeliste jooniste kaudu õppimise suhtes koheselt eeliseid, vaid võib aidata õpitul pikemaajaliselt paremini meelde jääda.

Tabel 1. Katse- ( $n = 18$ ) ja kontrollrühma ( $n = 11$ ) ainealase testi tulemuste jaotus koheses ja hilises järeltestis.

Rühm	Kohene järeltest		Võrdlus Mann-Whitney U testi alusel		Hiline järeltest		Võrdlus Mann-Whitney U testi alusel	
	Keskmine	SD	U	p	Keskmine	SD	U	p
Katse-rühm	8,0	0,55	54,5	0,02	8,5	0,36	64,0	0,10
Kontroll-rühm	9,7	0,20			9,2	0,44		

Kuigi kontrollrühma õpilased said ainealases testis katserühma õpilastest keskmiselt rohkem punkte, ei muutunud ühelgi kontrollrühma õpilasel tulemus hilises järeltestis paremaks (Tabel 2). Üheksa kontrollrühma kuulunud õpilast said juba koheses järeltestis maksimumpunktid, mistõttu polnud neil võimalik hilises järeltestis paremat tulemust saada. Katserühmas oli selliseid õpilasi kaheksa. Seega katserühma õpilastest kümnel oli hilises järeltestis võimalik testi tulemust parandada ja tulemus paranes aja jooksul kaheksal õpilasel (Tabel 2). Samas ei leitud kummagi rühma puhul kohese ja hilise järeltesti keskmiste tulemuste vahel statistiliselt olulist erinevust.

Tabel 2. Muutused katse- ( $n = 18$ ) ja kontrollrühma ( $n = 11$ ) õpilaste kohese ja hilise ainealase järeltesti tulemustes.

Rühm	Positiivsete muutuste arv	Negatiivsete muutuste arv	Muutusteta õpilaste arv	Z	p
Katserühm	8	5	5	-1,206	0,23
Kontrollrühm	0	4	7	-1,890	0,06

Lisaks ainealasele testile paluti õpilastel joonistada ühe alkaani molekulmudel. Molekulmudel tuli joonistada ühe juhuslikkuse alusel saadud alkaani nimetuse järgi. Koheses järeltestis joonistasid katserühmas molekulmodeli korrektselt 16 õpilast 18-st, vaid kaks õpilast ei joonistanud mudelit korrektselt. Mõlemad õpilased eksisid süsiniku ja/või vesiniku aatomite arvu osas. Hilise järeltesti ajal ei eksinud molekulmodelite joonistamisel ükski katserühma kuulunud õpilane. Kontrollrühmas eksis koheses järeltestis kaks õpilast 11-st, üheksa õpilast joonistasid mudelid korrektselt. Üks õpilane joonistas küll õige aine valemi, kuid koostas molekulmodeli asemel struktuurivalemi. Teine õpilane joonistas etaani molekulmodeli asemel metaani, ent tegi seda korrektselt. Kontrollrühmas joonistati hilises järeltestis samuti kõik mudelid korrektselt.

### **3.2. Liitreaalsuse kasutamise mõju õpilaste õpimotivatsioonile**

Õpilaste õpimotivatsiooni hinnati 36 väitest koosneva motivatsiooniküsimustikuga, igale väitele anti hinnang viiepallisel skaalal (Lisad 6 ja 7). Katserühma õpilaste keskmine motivatsiooniküsimustiku tulemus eel- ja järelküsimustiku täitmise ajal ei muutunud statistiliselt olulisel määral. Samuti ei leitud suuri erinevusi kontrollrühma eel- ja järelküsimustiku tulemuste vahel. Katserühma õpilased hindasid mõlemal korral kõrgeimalt rahulolu väited. Õpilaste erinevate motivatsioonifaktorite keskmised hinnangud jäid eelküsimustiku ajal vahemikku 3,5-3,8 ja järelküsimustikus vahemikku 3,6-3,8 (Tabel 3). Kontrollrühma õpilased hindasid küsimustikus kõrgeimalt tähelepanu ja rahulolu väiteid. Õpilaste erinevate motivatsioonifaktorite keskmised hinnangud jäid eelküsimustikus vahemikku 3,0-3,6 ja järelküsimustiku ajal vahemikku 3,2-3,5 (Tabel 3). Katse- ja kontrollrühma vahel ei leitud statistiliselt olulisi erinevusi.

Tabel 3. Katse- ( $n = 18$ ) ja kontrollrühma ( $n = 11$ ) motivatsiooniküsimustiku nelja faktori (tähelepanu, olulisus, enesekindlus, rahulolu) ja kogu küsimustiku tulemuste võrdlus eel- ja järelküsimustiku põhjal.

Motivatsiooni-faktor	Rühm	Eel-küsimustik	Katse- ja kontrollrühma võrdlus Mann-Whitney U alusel				Järel-küsimustik		Katse- ja kontrollrühma võrdlus Mann-Whitney U alusel		Eel- ja järel-küsimustiku tulemuste võrdlus Wilcoxon testi alusel	
		keskmine	SD	U	p	keskmine	SD	U	p	Z	p	
Tähelepanu (12 väidet)	Katse-rühm	3,6	0,3	85,5	0,54	3,6	0,3	86,0	0,56	-0,3	0,80	
	Kontroll-rühm	3,5	0,3			3,5	0,3			-0,3	0,73	
Olulisus (9 väidet)	Katse-rühm	3,6	0,5	91,5	0,73	3,6	0,5	96,0	0,89	-0,1	0,95	
	Kontroll-rühm	3,4	0,6			3,3	0,5			-0,5	0,61	
Enese-kindlus (9 väidet)	Katse-rühm	3,5	0,3	65,5	0,13	3,6	0,3	80,0	0,39	-1,2	0,24	
	Kontroll-rühm	3,0	0,7			3,2	0,6			-1,7	0,10	



Rahulolu (6 väidet)	Katse- rühm	3,8	0,7	74,0	0,26	3,8	0,3	75,0	0,28	-0,5	0,64
	Kontroll- rühm	3,5	0,8			3,5	0,6			-0,1	0,92
Kogu küsimustik (36 väidet)	Katse- rühm	3,6	0,4	69,5	0,18	3,6	0,3	74,0	0,26	-1,2	0,22
	Kontroll- rühm	3,3	0,6			3,4	0,5			-0,9	0,36

Katse- ja kontrollrühma iga üksiku väite hinnangute võrdlemisel ei leitud samuti suuri erinevusi (Lisa 11). Kõrgemad hinnangud anti mitmel korral negatiivsetele väidetele, näiteks väitele “Õppesisu polnud minu jaoks asjakohane, sest ma teadsin juba varasemalt nende teemade kohta kõike,” mille puhul kõrgem hinnang tähendas, et õpilased polnud varasemalt õpitava teemaga kuigi palju kokku puutunud ning õpitav oli neile uus. Samuti hinnati üsna kõrgelt väidet “Ma tundsin end hästi, kui ma uued teemad edukalt läbisin,” mille puhul võib oletada, et õpilased tunnevad end pärast uue teema edukat omandamist rahulolevatena. Suurim erinevus katse- ja kontrollrühma vahel ilmnis väites “Olen kindel, et sooritan edukalt töö, mis hõlmab nendes tundides õpitud teemasid”. Nimetatud väite puhul andsid kontrollrühma õpilased tunduvalt madalamaid hinnanguid kui katserühma kuulunud õpilased. See võib viidata sellele, et õpilased on oma teadmiste ja oskuste hindamisel küllaltki ebakindlad.

Eel- ja järelküsimustiku tulemuste võrdlemisel ei leitud õpilaste motivatsiooni-tasemetes kuigi suuri erinevusi (Tabel 4). 61% katserühma õpilastest oli nii eel- kui järelküsimustiku tulemuste põhjal kõrge või pigem kõrge motivatsioonitase. Kontrollrühma puhul oli märgata, et aja jooksul suurenes kõrge või pigem kõrge motivatsioonitasemega õpilaste hulk (45%-lt 54%-ni). Mõlema rühma puhul oli vähem madala motivatsioonitasemega õpilasi. Seega ei leitud, et õpilaste motivatsioonitase oleks aja jooksul kuigivõrd muutunud, kui õppimisel kasutati liitreaalsuse mudeleid.

Tabel 4. Katse- (n = 18) ja kontrollrühma (n = 11) õpilaste motivatsioonitasemete jaotus eel- ja järelküsimustiku põhjal.

Motivatsioonitase			Eelküsimustik		Järelküsimustik	
vahemik		rühm	õpilaste arv	%	õpilaste arv	%
kõrge	4,00-5,00	katserühm	7	39%	5	28%
		kontrollrühm	1	9%	2	18%
pigem kõrge	3,50-3,99	katserühm	4	22%	6	33%
		kontrollrühm	4	36%	4	36%
keskmine	3,00-3,49	katserühm	5	28%	4	22%
		kontrollrühm	5	46%	4	36%
madal	< 3,00	katserühm	2	11%	3	17%
		kontrollrühm	1	9%	1	9%

### 3.3. Õpilaste hinnangud liitreaalsuse kasutamise eelistele ja puudustele õppetöös

Katserühma kuulunud õpilastel paluti vastata kahele avatud küsimusele, et teada saada, millised on õpilaste arvates liitreaalsuse kasutamise eelised ja puudused. Mõlemale küsimusele vastas kokku 18 õpilast.

Küsimuse “Millised on sinu arvates liitreaalsuse kasutamise eelised õppetöös?” peamine vastus oli seotud sellega, et liitreaalsuse mudeleid kasutades saab objekte vaadelda

erinevate nurkade ja külgede alt (11 korral). Näiteks kirjutas üks õpilane järgneva vastuse: “Saab mudeleid pöörata ja asetada neid sinna, kuhu tahad ja vaadelda neid endale mugavas suurus.” Teised levinumad vastused olid, et liitreaalsuse mudeleid on lihtne kasutada (neli korda), võimaldab objekte näha päriselus (neli korda), visuaalse mäluga jääb õpitav paremini meelde (neli korda).

Küsimuse “Millised on sinu arvates liitreaalsuse kasutamise puudused õppetöös?” peamine vastus oli seotud mitmete võimalike tehniliste probleemidega (kaheksal korral). Õpilased tõid põhiliselt välja, et rakendus ei pruugi kõikides seadmetes töötada või võtab liitreaalsuse mudeli laadimine aega. Näiteks andis üks õpilane järgneva vastuse: “Natuke aeganõudev ja rakendus tundub algeline, liitreaalsusel endal ei ole puudusi.” Lisaks toodi välja, et liitreaalsuse mudelid pole nii stabiilsed kui kahemõõtmelised joonised (kolm korda) ja mudeleid ei saa käega katsuda (kaks korda). Üks õpilane tõi välja ka asjaolu, et telefoni kasutamine tunnis võib tähelepanu tunni teemast kõrvale juhtida. Samuti märkas uurija vaatluste ajal, et mõne õpilase seade küll toetas liitreaalsuse rakendusi, ent mudelite laadimine võttis aega. Mõnel õpilasel tekitas probleeme ka see, et kui liitreaalsuse mudel avanes, oli seda keeruline ühes kindlas kohas paigal hoida, mistõttu kulus õpiülesannete täitmiseks veidi rohkem aega.

#### **4. Arutelu**

Käesoleva töö eesmärkideks oli anda lühiülevaade liitreaalsusest ja selle kasutamisest haridusvaldkonnas, koostada eestikeelsed liitreaalsusel põhinevad õppematerjalid süsinikuühendite õppimiseks ja neid 9. klassi õpilastega testida ning analüüsida, kuidas mõjutab liitreaalsuse kasutamine õpilaste õpitulemusi ja õpimotivatsiooni, lisaks leida koostatud õppematerjalide kasutamise kitsaskohad. Lähtuvalt nimetatud eesmärkidest püstitati tööle kolm uurimisküsimust. Kuna koguvalim oli väike ( $n = 29$ ), ei saa töö tulemuste põhjal teha suuri üldistusi. Seetõttu on järgnevas arutelus kirjeldatud uuringu tulemustest selgunud trendid.

Esimese uurimisküsimuse kaudu sooviti teada saada, kuidas võimaldab liitreaalsuse kasutamine õppetöös uusi aineteadmisi ja -oskusi omandada. Kasutades liitreaalsust näiteks füüsikas (Chiu *et al.*, 2015) või keemias (Cai *et al.*, 2014), on leitud, et see on aidanud õpilastel saavutada paremaid õpitulemusi. Käesoleva töö tulemustest selgus, et liitreaalsuse kasutamine ei ole niivõrd määrav paremate õpitulemuste saavutamiseks. Leiti, et õpilased, kes

kasutasid süsivesinike teemade õppimiseks kahemõõtmelisi jooniseid, saavutasid ainealases testis paremaid tulemusi. Võimalik, et kahe- ja kolmemõõtmelised molekulmodelid on niivõrd sarnased, et annavad õppijale sama palju infot ainete ehituse ja koostise kohta. Samas võib see pigem sõltuda õpitavast teemast – kui liitreaalsuse kaudu viia läbi näiteks mõnd ohtlikku keemiakatset, saab õppija tõenäoliselt selle toimumise kohta rohkem aimu, kui ta vaatleks seda protsessi kahemõõtmelistelt piltidelt. Seega ei pruugi olla süsivesinike teema õppimisel liitreaalsuse mudelite kasutamine kõige eesmärgipärasem, aga võib toetada teatud õppimisstiiliga õpilasi või pakkuda tavapärastesse tundidesse vaheldust.

Tulemustest selgus, et peaaegu kõik õpilased sooritasid ainealase testi edukalt, sealhulgas ka need, kelle õppeedukus tavapäraselt nii kõrge ei ole. Sellest tulenevalt võib liitreaalsuse mudelite kasutamine olla mõjusam madalama õppeedukusega õpilastel, mida on leitud ka ühes varasemas uuringus, mis viidi samuti läbi keemias (Cai *et al.*, 2014). Teisalt võib käesolevas töös saadud tulemus olla seotud sellega, et õpilased lahendasid ainealase testi mõlemal korral distantsõppel olles. Seetõttu ei olnud töö autoril võimalik kontrollida, kas õpilased kasutasid testi lahendamisel abimaterjale. Kontrollrühma kuulunud õpilaste puhul oli märgata, et aja möödudes ainealase testi sooritusvõime langes, lisaks ei olnud rühmas ühtegi õpilast, kelle tulemus oleks aja jooksul paranenud. Samas saavutas kontrollrühmas üle poolte õpilastest eeltestis maksimaalse tulemuse, mistõttu paljudel neist ei olnudki võimalik hiljem testi uuesti lahendades kõrgemat punktisummat saada. Seevastu õpilastel, kes kasutasid õppimisel liitreaalsust, tõusis keskmine ainealase testi punktisumma ajaga 0,5 võrra, samuti oli selles rühmas märkimisväärsel hulgal neid, kelle tulemus aja jooksul paranes. On võimalik, et liitreaalsuse kasutamisel ei olegi kahemõõtmeliste jooniste kaudu õppimisega võrreldes kohest efekti, vaid see aitab õpitul pikemaajaliselt paremini meelde jääda. Teine võimalus, miks käesolevas töös sellised tulemused saadi, võib olla selle tehnoloogia kasutamise uudsus. Õpilased puutusid ainetunnis esmakordselt liitreaalsusega kokku. Praeguseks on avaldatud mitmeid artikleid, milles leitakse, et liitreaalsuse kasutamisel on positiivne mõju õpilaste teadmiste omandamisele, ent see on suuresti seotud sellega, et liitreaalsuse näol on tegemist tehnoloogiaga, millega õpilased on veel vähe kokku puutunud (Akçayır & Akçayır, 2017; Bacca *et al.*, 2014; Erbas & Demirer, 2019). Võimalik, et õpilastele jäid need ainetunnid paremini meelde, sest nad ei puutu liitreaalsusega igapäevaselt kokku ning selles võib peituda põhjus, miks nad ainealase testi teisel korral paremini sooritasid. Seega võib oletada, et liitreaalsus ei pruugi alati aidata kaasa paremate õpitulemuste saavutamisele, ent on oma uudsuse tõttu meelde jäävam. Sellest tulenevalt võiks

edaspidi uurida, kas ja kuidas mõjutab liitreaalsuse pikemaajalisem kasutamine ainetunnis õpitava omandamist.

Teise uurimisküsimuse kaudu sooviti teada saada, kuidas oleneb liitreaalsuse kasutamisest õpilaste õpimotivatsioon. Tulemustest selgus, et liitreaalsust kasutanud õpilaste keskmine motivatsioonitase oli pigem kõrge, samas ei leitud suuri erinevusi enne ja pärast liitreaalsuse kasutamist – mõlemal juhul oli kokku 61% õpilastest kõrge või pigem kõrge motivatsioonitase. Saadud tulemus võib olla seotud sellega, et uuring oli lühiajaline – õpilased kasutasid liitreaalsust kahes keemiatunnis ja täitsid motivatsiooniküsimustiku enne ja pärast liitreaalsuse kasutamist, seega jäi kahe küsimustiku täitmise vahele umbes kaks nädalat. Kahe nädala jooksul ei pruugi õpilaste õpimotivatsioon kuigi palju muutuda. Seetõttu võiks edaspidi kasutada liitreaalsust pikema aja jooksul, et näha, kas oletus vastab tõele. Mitmed autorid on samuti välja toonud, et siiani läbi viidud uuringud on pigem lühiajalised ja võivad seega saadud tulemusi mõjutada (Bacca *et al.*, 2014; Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018). Teisalt on võimalik, et liitreaalsus ei mõjuta antud teema õppimisel olulisel määral õpilaste motivatsiooni. Tulemustest selgus, et kontrollrühma motivatsioon samuti aja jooksul kuigi palju ei muutunud. Näiteks tuumafüüsika teemade õppimisel ei leitud samuti erinevusi liitreaalsuse ja kontrollrühma motivatsioonitasemete vahel (Chang *et al.*, 2016), samas bioloogias rakkude teema (Erbas & Demirer, 2019) või füüsikas vooluringi õppimisel (Ibáñez *et al.*, 2015) leiti, et kasutades liitreaalsust, õpilaste motivatsioon suurenes. Seega võib oletada, et motivatsioon ei ole mõjutatud mitte nii väga liitreaalsuse kasutamisest, vaid õpitavast teemast.

Kuigi liitreaalsus on interaktiivne ja võib õpilastele tunduda põnev, tuleb läbi mõelda selle tehnoloogia kasutamise eesmärgid – käesoleva töö tulemused viitavad sellele, et liitreaalsuse kasutamine ei mõjuta väga suurel määral õpimotivatsiooni, kuid võib-olla on liitreaalsuse kasutamisest abi mõne teise eesmärgi saavutamisel. Ühe võimalusena võib välja tuua digipädevuste arendamise. Riikliku õppekava kohaselt peavad õpilased olema suutelised kasutama uuenevat digitehnoloogiat selleks, et kiiresti muutuvus ühiskonnas paremini toime tulla (Põhikooli riiklik õppekava, 2011). Seega, kui õpilased puutuvad ainetundides liitreaalsusega kokku ja neil on tulevikus seda tehnoloogiat vaja kasutada, on neil olemas varasem kogemus.

Kolmanda uurimisküsimuse kaudu sooviti leida, millised takistused on liitreaalsuse ulatuslikumal kasutamisel õppetöös. Õpilased leidsid, et põhiliselt võivad takistuseks osutuda

tehnilised probleemid, näiteks ei pruugi kõik seadmed liitreaalsust toetada või mudelite laadimine võtab kaua aega. Saadud tulemus oli küllaltki ootuspärane, sest tehniliste probleemide esinemist peetakse ka varasemalt avaldatud uuringutes liitreaalsuse kasutamise kitsaskohaks (Akçayır & Akçayır, 2017; Bacca *et al.*, 2014; Wu *et al.*, 2013). Lisaks leidis uurija õppematerjalide koostamise käigus, et keeruline on leida õppetöös sobivaid rakendusi või mudeleid. Näiteks Sketchfab keskkonnas on küll suurel hulgal mudeleid, mida hariduslikel eesmärkidel kasutada, kuid sellegipoolest leiab sealsest keskkonnast ebakorrektselt sisu. Seetõttu võib sobivate mudelite nappus olla ka teistele õpetajatele takistuseks, et liitreaalsust laiemalt õppetöösse integreerida. Ka varasemalt on kirjeldatud, et üheks takistuseks liitreaalsuse laialdasemal kasutusel haridusvaldkonnas on sobivate rakenduste puudus (Bacca *et al.*, 2014). Eesti kontekstis võib välja tuua ka asjaolu, et enamik rakendusi on võõrkeelsed ja õpetajad ei leia nende rakenduste kasutamisel sisulist lisaväärtust (Pedaste *et al.*, 2019). Sellest tulenevalt kulub sobiva õppesisu leidmiseks rohkem aega, mistõttu on võimalik, et õpetajad pigem ei katseta oma töös liitreaalsusega (Dunleavy & Dede, 2014). Seega, selleks, et liitreaalsust laialdasemalt kasutusele saaks võtta, oleks vaja rakendusi või mudeleid, mida oleks võimalikult lihtne kasutada ja mille puhul õpetajad näevad teatavat kasutegurit. Hetkel on olemas lahendusi, kus õpetaja saaks mudeleid ka ise koostada, ent see ei ole kõikidele jõukohane ning võib osutuda küllaltki ajamahukaks. Seega eeldaks sobiva õppesisu leidmine erinevate spetsialistide vahelist pikemaajalist koostööd. Käesolevas töös koostatud õppematerjalid ei pruugi märkimisväärselt mõjutada ainetulemuste paremat omandamist või suurendada õpimotivatsiooni, ent on kasutamiseks küllaltki lihtsad nii õpetajale kui ka õpilasele, kes soovivad liitreaalsuse katsetamisega algust teha.

### **Tänu sõnad**

Töö autor soovib tänada kõiki õpilasi, kes aitasid kaasa käesoleva töö valmimisele. Samuti soovib autor tänada oma juhendajaid Teele Jürivetet ja Margus Pedastet, kes andsid edasiviivaid soovitusi töö valmimise erinevates etappides.

### **Autorsuse kinnitus**

Kinnitan, et olen koostanud ise käesoleva lõputöö ning toonud korrektselt välja teiste autorite ja toetajate panuse. Töö on koostatud lähtudes Tartu Ülikooli haridusteaduste instituudi lõputöö nõuetest ning on kooskõlas heade akadeemiliste tavadega.

Geidi Mitt /allkirjastatud digitaalselt/ 22.05.2020

## **Kasutatud allikad**

- Adov L., Must O., Pedaste M. (2017). Attitudes Towards Mobile Devices in Estonian Basic Education: Using the Framework of the UTAUT Model. *In: Zaphiris P., Ioannou A. (eds) Learning and Collaboration Technologies. Technology in Education. LCT 2017. Lecture Notes in Computer Science, vol 10296. Springer, Cham.*
- Akçayır M., Akçayır G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: a systematic review of the literature. *Educational Research Review, 20, 1-11.*
- Akçayır M., Akçayır G., Pektaş H. M., Ocak M. A. (2016). Augmented reality in science laboratories: The effects of augmented reality on university students' laboratory skills and attitudes toward science laboratories. *Computers in Human Behavior, 57: 334-342.*
- Altinpulluk H. (2019). Determining the trends of using augmented reality in education between 2006-2016. *Education and Information Technologies, 24: 1089-1114.*
- Azuma R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments 6, 355-385.*
- Bacca J., Baldiris S., Fabregat R., Graf S., Kinshuk. (2014). Augmented reality trends in education: a systematic review of research and applications. *Educational Technology & Society, 17 (4), 133-149.*
- Billinghurst M., Dünser A. (2012). Augmented reality in the classroom. *Computer 45(7): 56-63.*
- Cai S., Wang X., Chiang F-K. (2014). A case study of Augmented Reality simulation system application in a chemistry course. *Computers in Human Behavior 37, 31-40.*
- Carbonell Carrera C. & Bermejo Asensio L. A. (2017). Augmented reality as a digital teaching environment to develop spatial thinking. *Cartography and Geographic Information Science, 44:3, 259-270.*
- Caudell T. P. & Mizell D. W. (1992). Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. *Twenty-Fifth Hawaii International Conference on Systems Science 2, 659-669.*



- Chang H.-Y., Hsu Y.-S., & Wu H.-K. (2016). A comparison study of augmented reality versus interactive simulation technology to support student learning of a socio-scientific issue. *Interactive Learning Environments*, Vol. 24, No. 6, 1148–1161.
- Chen C. H., Chou Y.-Y. & Huang C.-Y. (2016). An augmented-reality-based concept map to support mobile learning for science. *Asia-Pacific Edu Res*, 25(4): 567–578.
- Cheng K.-H. & Tsai C.-C. (2013). Affordances of augmented reality in science learning: suggestions for future research. *J Sci Educ Technol*, 22: 449–462.
- Chiang T.-H.-C., Yang S.-J.-H. & Hwang G.-J. (2014). An augmented reality-based mobile learning system to improve students' learning achievements and motivations in natural science inquiry activities. *Educational Technology & Society*, 17(4), 352–365.
- Chiu J. L., DeJaegher C. J. & Chao J. (2015). The effects of augmented virtual science laboratories on middle school students' understanding of gas properties. *Computers & Education*, vol. 85, pp. 59–73.
- De Jong T., Linn M., Zacharia Z. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science* 340, 305-308.
- Dunleavy M., Dede C. (2014). Augmented reality teaching and learning. *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*, p 735–745. New York: Springer.
- Efstathiou I., Kyza E.A., Georgiou Y. (2018). An inquiry-based augmented reality mobile learning approach to fostering primary school students' historical reasoning in non-formal settings. *Interact. Learn. Environ.* 26, 22–41.
- Erbas C., Demirer V. (2019). The effects of augmented reality on students' academic achievement and motivation in a biology course. *J Comput Assist Learn* 35: 450–458.
- Fichtman Dana N. (2016). Süvitsi tegevusuuringust. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Huang T.-C., Chen C.-C., Chou Y.-W. (2016). Animating eco-education: To see, feel, and discover in an augmented reality-based experiential learning environment. *Comput. Educ.* 96, 72–82.

Ibáñez M.-B., Delgado-Kloos C. (2018). Augmented reality for STEM learning: a systematic review. *Computers & Education* 123: 109-123.

Ibáñez M.; Di-Serio Á.; Villarán-Molina D.; Delgado-Kloos C. Augmented reality-based simulators as discovery learning tools: An empirical study. (2015). *IEEE Trans. Educ.* 2015, 58, 208–213.

Johnson L., Levine A., Smith R., Stone S. (2010). Simple augmented reality. *The 2010 Horizon Report*, 21-24. Austin, TX: The New Media Consortium.

Keller J. M. (2010). Motivational design for learning and performance: the ARCS model approach. New York, NY: Springer.

Kiryakova G., Angelova N., Yordanova L. (2018). The potential of augmented reality to transform education into smart education. *TEM Journal*, Vol 7, Issue 3, p 556-565.

Kyza E. A. & Georgiou Y. (2019). Scaffolding augmented reality inquiry learning: the design and investigation of the TraceReaders location-based, augmented reality platform. *Interactive Learning Environments*, vol. 27(2), pp. 211–225.

Lee K. (2012). Augmented reality in education and training. *TechTrends*, 56(2): 13-21.

Liu W., Cheok A. D., Mei-Ling C. L., Theng Y.-L. (2007). Mixed reality classroom: learning from entertainment. *Proceedings of the 2nd international conference on Digital interactive media in entertainment and arts*, Perth, Australia.

Lu S., Liu Y. (2015). Integrating augmented reality technology to enhance children's learning in marine education. *Environmental Education Research*, 21(4): 525-541.

Milgram P., Takemura H., Utsumi A., Kishino F. (1994). Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. *SPIE*, Vol 2351: 282-292.

Muñoz-Cristobal J. A., Jorin-Abellan I. M., Asensio-Pérez J. I., Martínez-Monés A., Prieto L. P., Dimitriadis Y. (2015). Supporting teacher orchestration in ubiquitous learning environments: a study in primary education. *IEEE Transactions on Learning*, 8(1): 83-97.

Nowacki P., Woda M. Capabilities of ARCore and ARKit Platforms for AR/VR applications. (2019). *In Engineering in Dependability of Computer Systems and Networks*. DepCoS-

RELCOMEX 2019. 2020 *Advances in Intelligent Systems and Computing*; Zamojski W., Mazurkiewicz J., Sugier J., Walkowiak T., Kacprzyk J., Eds., Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2020; Volume 987, pp. 358–370.

Pedaste M., Jürivete T., Reinart L. (2019). Virtuaal- ja liitreaalsus. *Dremljuga-Telk M. Hariduse tehnoloogiakompass (pt 2.1.-2.5.). Hariduse Infotehnoloogia SA*. Külastatud aadressil: <https://kompass.hitsa.ee/virtuaal-ja-liitreaalsus/>

Pedaste M., Mitt G., Jürivete T. (2020). What is the Effect of Using Mobile Augmented Reality in K12 Inquiry-Based Learning? *Educ. Sci.* 2020, 10(4), 121.

Pedaste M., Must O., Leijen Ä., Mäeots M., Siiman L., Kori K., Adov L. (2017). Nutiseadmete kasutamise profiilid loodusainete ja matemaatika õppimise kontekstis. *Eesti Haridusteaduste Ajakiri*, nr 5(1), 2017, 99–129.

Plante I., O’Keefe P. A., Théorêt M. (2013). The relation between achievement goal and expectancy-value theories in predicting achievement-related outcomes: a test of four theoretical conceptions. *Motiv. Emot.* 37, 65–78.

Prokopenko A. (2017). Affordances of augmented reality for education: case study of MoleQL – mobile application for learning chemistry. *Magistritöö. Tallinna Tehnikaülikool*.

Põhikooli riiklik õppekava. (2011). Riigi Teataja. Külastatud aadressil <https://www.riigiteataja.ee/akt/129082014020?leiaKehtiv>

Põhikooli riiklik õppekava, Lisa 4, Ainevaldkond „Loodusained”. (2011). Riigi Teataja. Külastatud aadressil <https://www.riigiteataja.ee/aktilisa/1220/7201/7003/1m%20lisa4.pdf>

Saltan F., Arslan Ö. (2017). The use of augmented reality in formal education: a scoping review. *EURASIA J Math Sci and Tech Ed*, 13(2):503-520.

Sketchfab. (2020). Külastatud aadressil <https://www.sketchfab.com>

Sliusar R. (2017). Augmented reality as a future of the education case study of MoleQL – educational augmented reality application. *Magistritöö. Tallinna Tehnikaülikool*.

Timperley H., Kaser L. & Halbert J. (2014). A Framework for transforming learning in schools: Innovation and the spiral of inquiry. *Centre for Strategic Education, Seminar Series Paper No. 234*.

Wu H. K., Lee S. W. Y., Chang H. Y. & Liang J. C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62(1), 41-49.

Yilmaz R. M. (2018). Augmented reality trends in education between 2016 and 2017 years. *State of the Art Virtual Reality and Augmented Reality Knowhow, Chapter 6*, Nawaz Mohamudally, *IntechOpen*. Loetud aadressil: <https://www.intechopen.com/books/state-of-the-art-virtual-reality-and-augmented-reality-knowhow/augmented-reality-trends-in-education-between-2016-and-2017-years>

Yuen S., Yaoyuneyong G., Johnson E. (2011). Augmented reality: an overview and five directions for AR in education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 4(1): 119-140.

## Lisa 1. Katserühma tööleht – süsivesinikud

### SÜSIVESINIKUD

#### Ülesanne 1.

Loe läbi tekst süsivesinike kohta.

Süsivesinikud koosnevad süsiniku ja vesiniku aatomitest. Sõltuvalt sidemete kordsusest saab süsivesinikke jagada alkaanideks, alkeenideks ja alküünideks. Neist kõige lihtsama struktuuriga on **alkaanid – süsivesinikud, mille molekulides esinevad ainult üksiksidemed**. Alkeenid on sellised süsivesinikud, mille molekulis esineb vähemalt üks kaksikside ja alküünid sellised, milles esineb vähemalt üks kolmikside.

Täna tutvud lähemalt alkaanidega.

Alkaane leidub looduses väga palju. Näiteks saadakse neid naftast ja maagaasist. Alkaanide üldvalemiks on  $C_nH_{2n+2}$ , kus  $n$  näitab süsiniku aatomite arvu.

Alkaanide nimetuse lõpus on liide **–aan**.

Kõige lihtsam alkaan on metaan, mille valem on  $CH_4$ . Igal järgneval alkaanil on eelmisest üks süsinik ja kaks vesiniku aatomit rohkem.



Järgnevas tabelis on esitatud hargnemata ahelaga alkaanide valemid ja nimetused.

süsiniku aatomite arv	eesliide	valem	nimetus
1	met-	$CH_4$	metaan
2	et-	$C_2H_6$	etaan
3	prop-	$C_3H_8$	propaan
4	but-	$C_4H_{10}$	butaan
5	pent-	$C_5H_{12}$	pentaan
6	heks-	$C_6H_{14}$	heksaan
7	hept-	$C_7H_{16}$	heptaan
8	okt-	$C_8H_{18}$	oktaan
9	non-	$C_9H_{20}$	nonaan
10	dek-	$C_{10}H_{22}$	dekaan

## Ülesanne 2.

Täida tabel kasutades selleks liitreaalsuse mudeleid erinevatest alkaanidest.

Mudelites on **süsiniku aatomid** tähistatud **tumehalli/musta** värvusega, **vesiniku aatomid valge** värvusega.

Mudeli kuvamiseks liitreaalsuses vali ülevalt paremalt  või 

mudel	C aatomite arv	H aatomite arv	alkaani valem	alkaani nimetus
1				
2				
3				
4				

Mudel 1



Mudel 2



Mudel 3



Mudel 4



### Ülesanne 3.

a) Vali ülesandest 2 üks alkaan ja joonista see siia.

Valitud alkaani nimetus ja valem: .....

b) Vali üks alkaan, mida ülesandes 2 ei olnud ja joonista see siia.

Valitud alkaani nimetus ja valem: .....

## Lisa 2. Kontrollrühma tööleht – süsivesinikud

### SÜSIVESINIKUD

#### Ülesanne 1.

Loe läbi tekst süsivesinike kohta.

Süsivesinikud koosnevad süsiniku ja vesiniku aatomitest. Sõltuvalt sidemete kordsusest saab süsivesinikke jagada alkaanideks, alkeenideks ja alküünideks. Neist kõige lihtsama struktuuriga on **alkaanid – süsivesinikud, mille molekulides esinevad ainult üksiksidemed**. Alkeenid on sellised süsivesinikud, mille molekulis esineb vähemalt üks kaksikside ja alküünid sellised, milles esineb vähemalt üks kolmikside.

Täna tutvud lähemalt alkaanidega.

Alkaane leidub looduses väga palju. Näiteks saadakse neid naftast ja maagaasist. Alkaanide üldvalemiks on  **$C_nH_{2n+2}$** , kus **n näitab süsiniku aatomite arvu**.

Alkaanide nimetuse lõpus on liide **–aan**.

Kõige lihtsam alkaan on metaan, mille valem on  $CH_4$ . Igal järgneval alkaanil on eelmisest üks süsinik ja kaks vesiniku aatomit rohkem.

Järgnevas tabelis on esitatud hargnemata ahelaga alkaanide valemid ja nimetused.

süsiniku aatomite arv	eesliide	valem	nimetus
1	met-	$CH_4$	metaan
2	et-	$C_2H_6$	etaan
3	prop-	$C_3H_8$	propaan
4	but-	$C_4H_{10}$	butaan
5	pent-	$C_5H_{12}$	pentaan
6	heks-	$C_6H_{14}$	heksaan
7	hept-	$C_7H_{16}$	heptaan
8	okt-	$C_8H_{18}$	oktaan
9	non-	$C_9H_{20}$	nonaan
10	dek-	$C_{10}H_{22}$	dekaan



## Ülesanne 2.

Täida tabel kasutades selleks jooniseid erinevatest alkaanidest. Joonised on eraldi paberitel.

Alkaanide joonistel on **süsiniku aatomid** tähistatud **tumehalli/musta** värvusega ja **vesiniku aatomid** **valge** värvusega.

alkaan	C aatomite arv	H aatomite arv	alkaani valem	alkaani nimetus
1				
2				
3				
4				

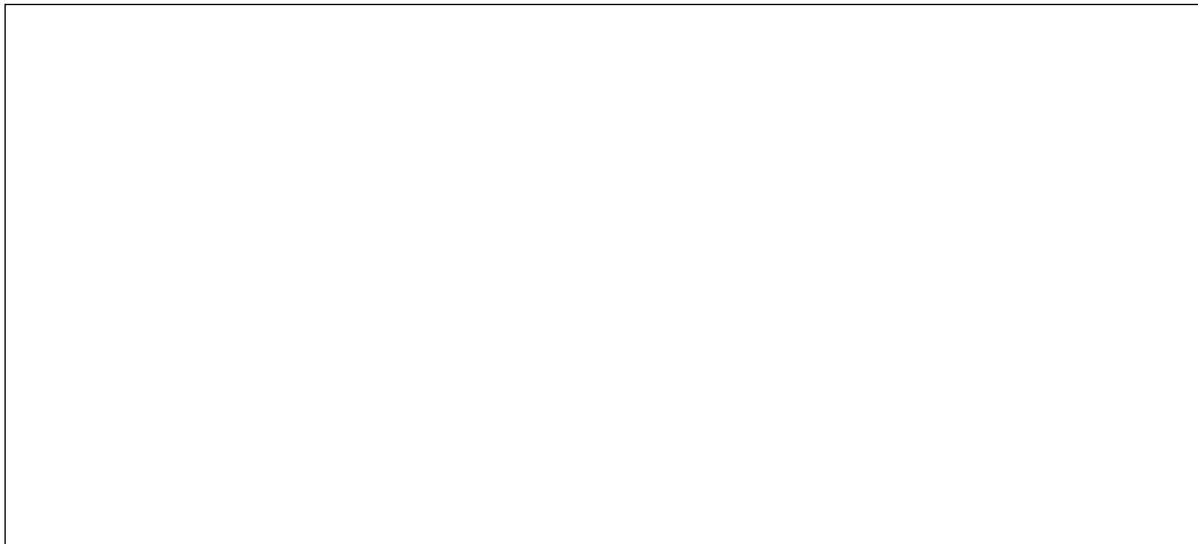
## Ülesanne 3.

a) Vali ülesandest 2 üks alkaan ja joonista see siia.

Valitud alkaani nimetus ja valem: .....

b) Vali üks alkaan, mida ülesandes 2 ei olnud ja joonista see siia.

Valitud alkaani nimetus ja valem: .....



### Lisa 3. Katserühma tööleht – süsivesinike paljusus

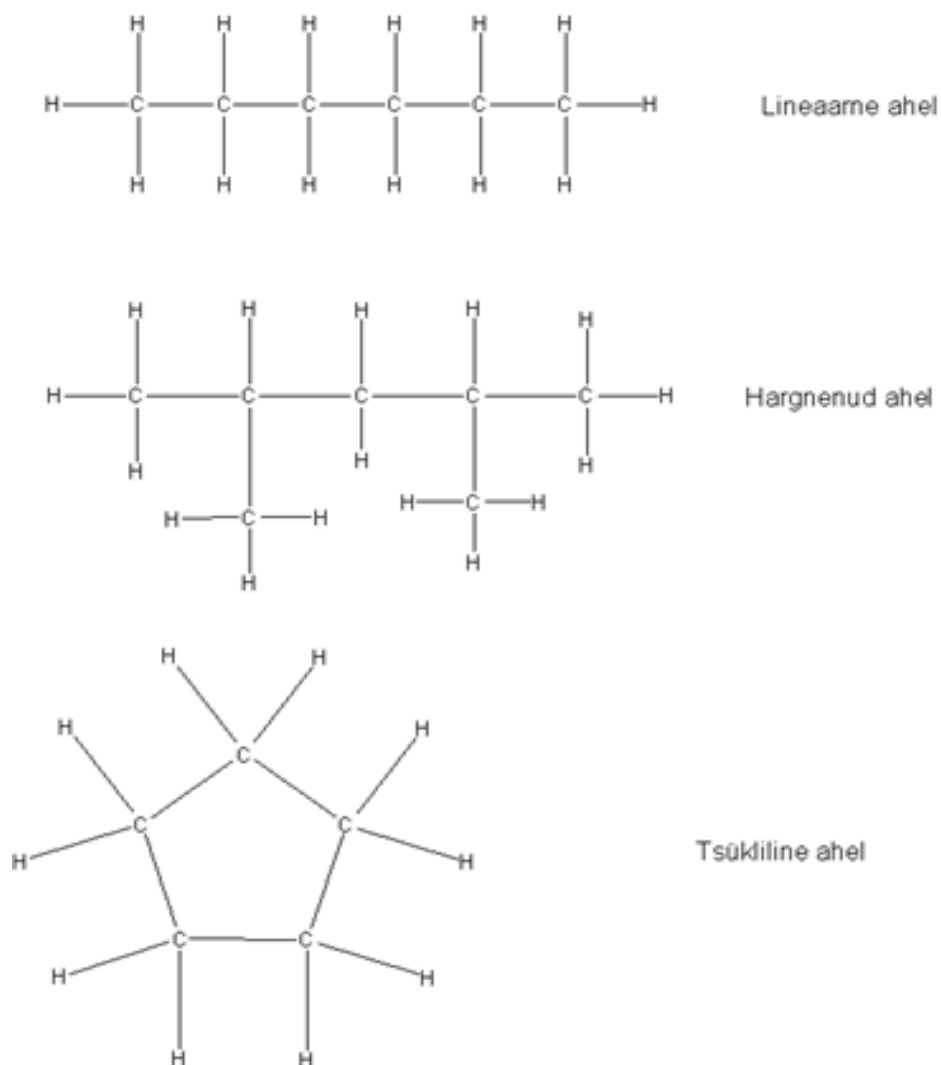
#### SÜSIVESINIKE PALJUSUSE PÕHJUSED

##### Ülesanne 1.

Loe läbi järgnev tekst ja tutvu süsivesinike erinevate esinemisvormide näidetega.

Süsiniku aatomi väliskihil on neli elektroni, mis tähendab, et süsinik saab teiste elementidega moodustada neli keemilist sidet. Süsinik on võimeline moodustama nii ühe-, kahe- kui ka kolmekordseid sidemeid.

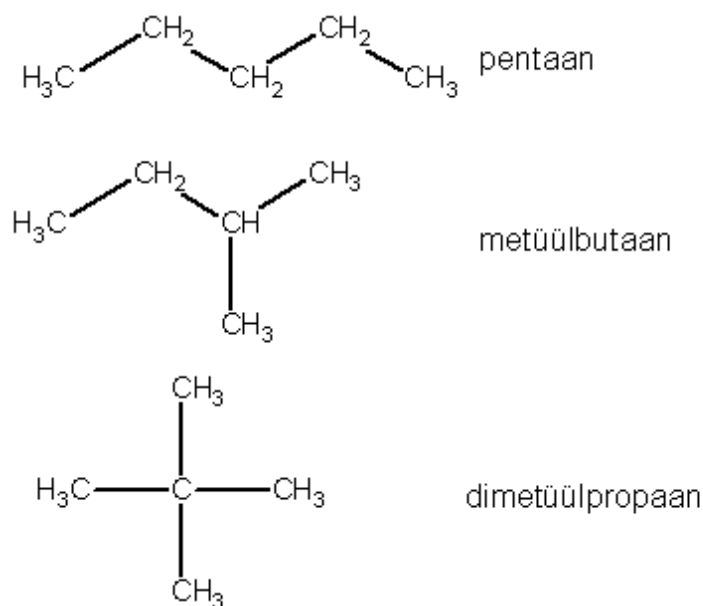
Eelmises tunnis analüüsisid sa hargnemata ehk lineaarse ahelaga alkaanide ehitust. Lisaks neile leidub looduses ka hargnenud ahelaga ja tsüklilisi süsivesinikke (vt joonis 1).



Joonis 1. Lineaarse, hargnenud ja tsüklilise ahelaga süsivesinikud  
(allikas: <https://www.taskutark.ee/m/suslinik-kui-keemiline-element/>)

Hargnenud ahelaga alkaanide nimetamisel tuleb esmalt leida kõige pikem võimalik süsinikuahel ehk peaaahel. Peaahela süsiniku aatomite arvu põhjal nimetatakse tüviühend. Seejärel tuleb leida kõik peaahelast välja jäävad rühmad ehk asendusrühmad. Neid nimetatakse vastavalt süsiniku aatomite arvule, millele lisatakse liide -üül. Näiteks  $-\text{CH}_3$  on metüül,  $-\text{CH}_2\text{CH}_3$  on etüül,  $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$  on propüül jne. Peaahela süsinikud tuleb nummerdada sellises järjekorras, et asendusrühmade järjenumbriks oleksid võimalikult väikesed. Kui ühendis esineb mitu ühesugust asendusrühma, tähistatakse need kreeka keelse eesliidete abil (2- di, 3- tri, 4- tetra jne).

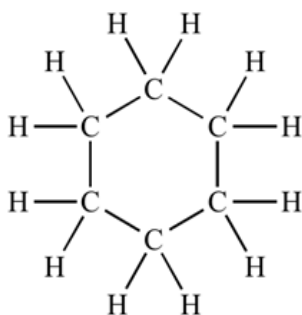
Järgneval joonisel on toodud mõned näited:



Joonis 2. Näiteid süsivesinike nimetamisest

(allikas: <https://www.taskutark.ee/m/susinikuuuhendite-struktuur-ja-selle-kujutamise-viisid/>)

Tsükliiliste alkaanide puhul kasutatakse liidet tsüklo-. Näiteks on üheks selliseks alkaaniks tsükloheksaan:





Joonis 3. Tsükloheksaan

(allikas: <http://www.chem.ucla.edu/~harding/IGOC/C/cyclohexane.html>)

## Ülesanne 2.

Täida tabel kasutades selleks mudeleid liitreaalsuse vaates (mudelid on lehe pöördel). Näitena on esimese mudeli kohta tabeli lahtrid täidetud.

Mudeli kuvamiseks liitreaalsuses vali ülevalt paremalt  või 

udel	alkaan/ alkeen/ alküün	nimetus	põhjus(ed), miks on/ ei ole tegemist alkaaniga	hargnemata/ hargnenud/ tsükliline ahel
1	alkeen	benseen	ei ole alkaan, sest molekulis on kahekordsed sidemed	tsükliline
2				
3				
4				
5				

## Ülesanne 3.

Paku välja põhjuseid, miks võib süsivesinikke esineda väga mitmel erineval kujul.

- 
- 
-

#### Ülesanne 4.

Mitu kovalentset sidet saab süsiniku aatom moodustada? .....

Mitu kovalentset sidet saab vesiniku aatom moodustada? .....

Mudel 1



Mudel 2



Mudel 3



Mudel 4



Mudel 5



## Lisa 4. Kontrollrühma tööleht – süsivesinike paljusus

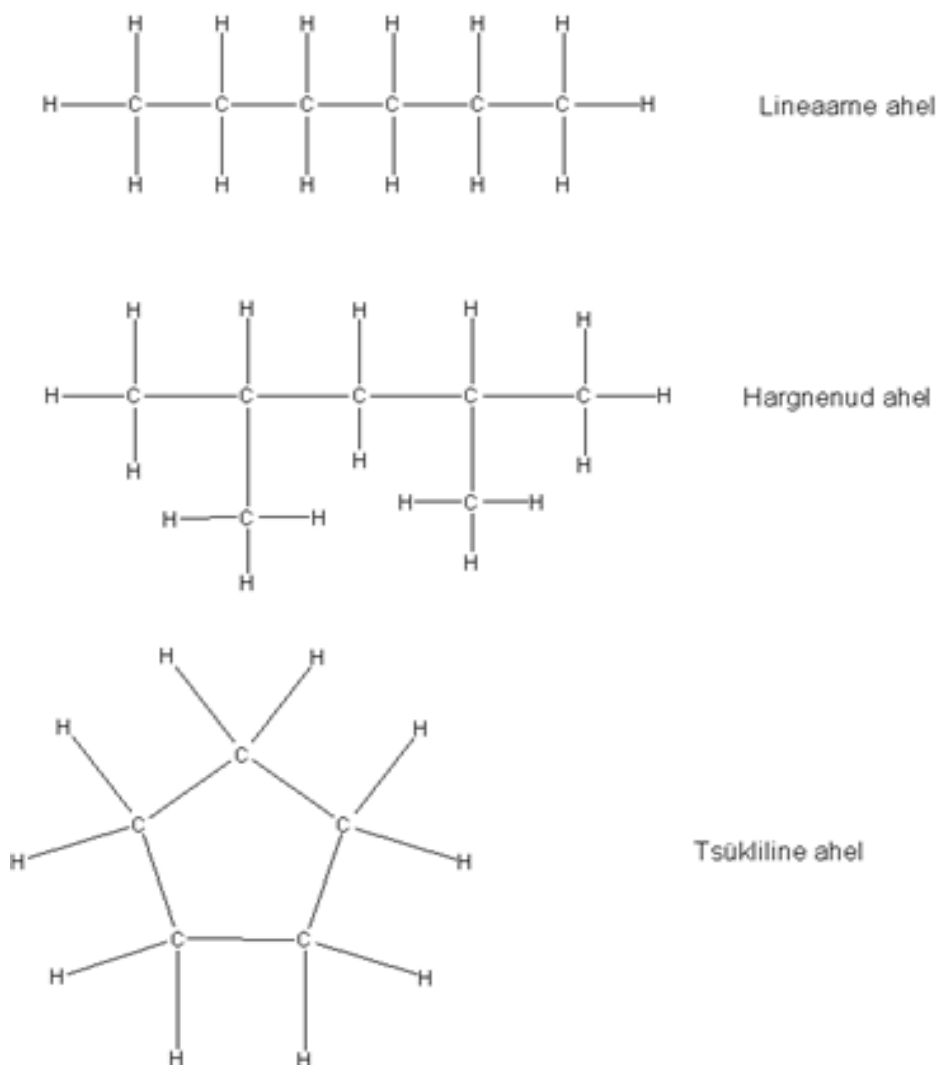
### SÜSIVESINIKE PALJUSUSE PÕHJUSED

#### Ülesanne 1.

Loe läbi järgnev tekst ja tutvu süsivesinike erinevate esinemisvormide näidetega.

Süsiniku aatomi väliskihil on neli elektroni, mis tähendab, et süsinik saab teiste elementidega moodustada neli keemilist sidet. Süsinik on võimeline moodustama nii ühe-, kahe- kui ka kolmekordseid sidemeid.

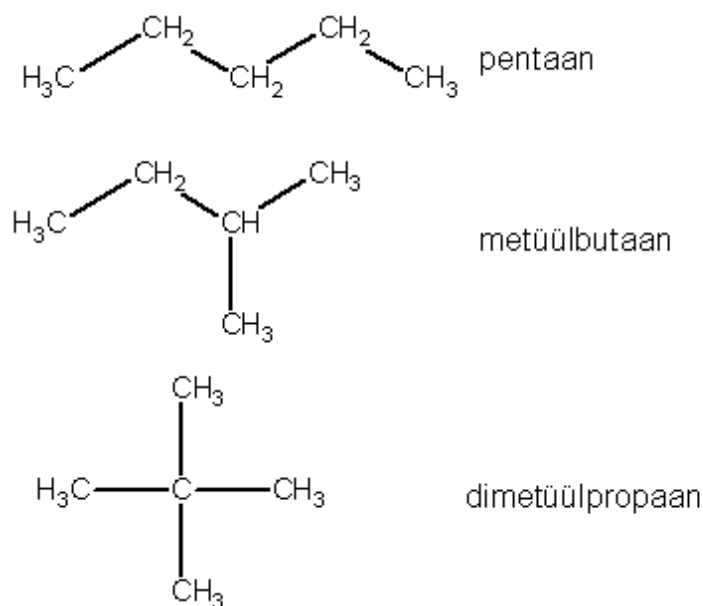
Eelmises tunnis analüüsisid sa hargnemata ehk lineaarse ahelaga alkaanide ehitust. Lisaks neile leidub looduses ka hargnenud ahelaga ja tsüklilisi süsivesinikke (vt joonis 1).



Joonis 1. Lineaarse, hargnenud ja tsüklilise ahelaga süsivesinikud  
(allikas: <https://www.taskutark.ee/m/suslinik-kui-keemiline-element/>)

Hargnenud ahelaga alkaanide nimetamisel tuleb esmalt leida kõige pikem võimalik süsinikuahel ehk peaaahel. Peaahela süsiniku aatomite arvu põhjal nimetatakse tüviühend. Seejärel tuleb leida kõik peaahelast välja jäävad rühmad ehk asendusrühmad. Neid nimetatakse vastavalt süsiniku aatomite arvule, millele lisatakse liide -üül. Näiteks  $\text{-CH}_3$  on metüül,  $\text{-CH}_2\text{-CH}_3$  on etüül,  $\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$  on propüül jne. Peaahela süsinikud tuleb nummerdada sellises järjekorras, et asendusrühmade järjenumbrid oleksid võimalikult väikesed. Kui ühendis esineb mitu ühesugust asendusrühma, tähistatakse need kreekaakeelsete eesliidete abil (2- di, 3- tri, 4- tetra jne).

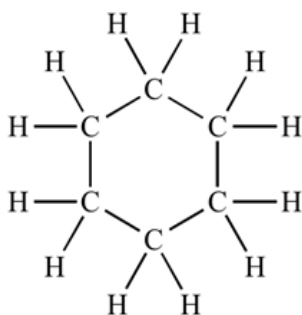
Järgneval joonisel on toodud mõned näited:



Joonis 2. Näiteid süsivesinike nimetamisest

(allikas: <https://www.taskutark.ee/m/susiniuuuhendite-struktuur-ja-selle-kujutamise-viisid/>)

Tsükliiliste alkaanide puhul kasutatakse liidet tsüklo-. Näiteks on üheks selliseks alkaaniks tsükloheksaan:



Joonis 3. Tsükloheksaan

(allikas: <http://www.chem.ucla.edu/~harding/IGOC/C/cyclohexane.html>)



## Ülesanne 2.

Täida tabel kasutades selleks jooniseid erinevatest süsivesinikest. Joonised on eraldi paberitel. Näitena on esimese süsivesiniku kohta tabeli lahtrid täidetud.

joonis	alkaan/ alkeen/ alküün	nimetus	põhjus(ed), miks on/ei ole tegemist alkaaniga	hargnemata/ hargnenud/ tsükliline ahel
1	alkeen	benseen	ei ole alkaan, sest molekulis on kahekordsed sidemed	tsükliline
2				
3				
4				
5				

## Ülesanne 3.

Paku välja põhjuseid, miks võib süsivesinikke esineda väga mitmel erineval kujul.

- 
- 
- 

## Ülesanne 4.

Mitu kovalentset sidet saab süsiniku aatom moodustada? .....

Mitu kovalentset sidet saab vesiniku aatom moodustada? .....

## Lisa 5. Ainealane test

### Süsinikuühendid

---

$C_4H_{10}$  on ...

- ☐ metaan
  - ☐ etaan
  - ☐ propaan
  - ☐ butaan
  - ☐ pentaan
- 

Propaani valem on ...

- ☐  $C_3H_8$
  - ☐  $C_4H_{10}$
  - ☐  $C_6H_{14}$
  - ☐  $C_{10}H_{22}$
  - ☐  $C_7H_{16}$
- 

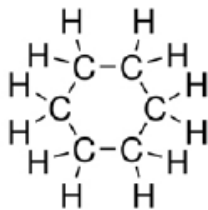
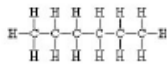
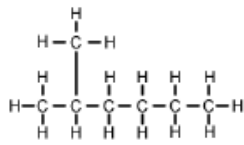
Mitu kovalentset sidet saab süsiniku aatom moodustada?

- ☐ 4
  - ☐ 5
  - ☐ 6
  - ☐ 8
- 

Mitu kovalentset sidet saab vesiniku aatom moodustada?

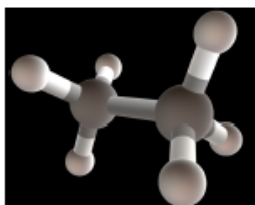
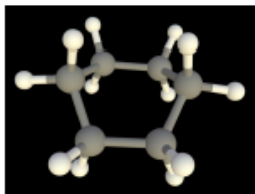
- ☐ 1
  - ☐ 2
  - ☐ 3
  - ☐ 4
-

Millisel pildil on süsinikahel lineaarne?

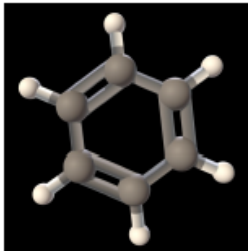
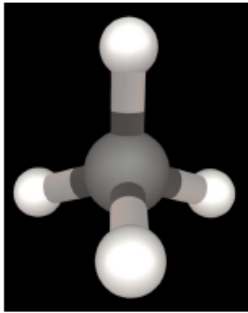


---

Millisel pildil on alküün?



Millisel pildil on kujutatud metaani?



---

Oktaani molekulis on kaheksa süsiniku ja ... vesiniku aatomit.

- ☐ 8
- ☐ 10
- ☐ 12
- ☐ 14
- ☐ 16
- ☐ 18

---

Etaani molekulis on ... süsiniku aatomit.

- ☐ 1
  - ☐ 2
  - ☐ 3
  - ☐ 4
  - ☐ 5
-

Süsivesinikke, mille molekulis esinevad ainult üksiksidemed, nimetatakse ...

- ☐ alkaanideks
  - ☐ alkeenideks
  - ☐ alküünideks
-

**Lisa 6. Õpilaste motivatsiooniküsimustik – eelküsimustiku väited, millele õpilane pidi vastama viiepallisel Likerti skaalal (1 – ei nõustu üldse, 2 – pigem ei nõustu, 3 – nii ja naa, 4 – pigem nõustun, 5 – nõustun täielikult).**

1. Kui ma töölehtedega tutvusin, oli mul tunne, et need teemad on mulle lihtsad.
2. Nende tundide juures tundub olevat midagi huvitavat, mis köidab kohe algul minu tähelepanu.
3. Töölehtedel olevast õppesisust on keerulisem aru saada kui ma oleksin oodanud.
4. Pärast sissejuhatavate tekstidega tutvumist tundsin end kindlalt ja teadsin, et õpin midagi uut.
5. Kui ma lahendan töölehtedel olevad ülesanded ära, tunnen end rahulolevana.
6. Saan hästi aru, kuidas järgneva kahe tunni jooksul omandatav on seotud sellega, mida juba varasemalt keemiast tean.
7. Töölehtedel on nii palju informatsiooni, et on keeruline eristada olulist ebaolulisest.
8. Õppematerjalid on pilkupüüdvad.
9. Töölehtedel on teksti, jooniseid või näiteid, mis aitavad mul aru saada, miks need teemad võiksid olulised olla.
10. Nende teemade edukas omandamine on mulle tähtis.
11. Töölehtedel olev kirjalik info aitab mu tähelepanu tundide teemal hoida.
12. Õppesisu tundub nii abstraktne, et mul on keeruline oma tähelepanu koondada.
13. Tunnen end uue õppesisu omandamisel kindlalt.
14. Ma naudin uut õppesisu nii palju, et ma tahaksin juba nende teemade kohta rohkem teada saada.
15. Õppematerjalid ei ole pilkupüüdvad.
16. Uus teema on seotud sellega, mis mind keemia juures huvitab.
17. See, kuidas info on töölehtedele kirja pandud, aitab mul tähelepanu hoida.
18. Saan nendes tundides teada näiteid või selgitusi selle kohta, kuidas õpitavat teavet edaspidi kasutada.
19. Ülesanded töölehtedel on liiga keerulised.
20. Töölehtedel on midagi, mis tekitab minus uudishimu.
21. Ma naudin väga nende teemade õppimist.
22. Töölehtede sisu on korduv ja see tekitab minus igavust.
23. See, kuidas info on kirja pandud, jätab mulle mulje, et nende teemade kohta tasub teada.
24. Ma õpin nendes tundides midagi, mis võib tunduda ootamatu või üllatav.

25. Olen kindel, et pärast uute teemade läbimist sooritaksin sellekohase töö edukalt.
26. Õppesisu pole minu jaoks asjakohane, sest ma tean juba varasemast nende teemade kohta kõike.
27. Tagasiside, mida pärast ülesannete lahendamist saan, tekitab minus rahuloleva tunde.
28. Ülesannete, teksti ja jooniste vaheldus aitab mu tähelepanu tunni teemal hoida.
29. Töölehtede stiil on igav.
30. Ma suudan seostada uut õppesisu sellega, mida olen varem näinud, teinud või mõelnud.
31. Töölehtedel on nii palju teksti, et see on minu jaoks ärritav.
32. Ma tunnen end hästi, kui ma uued teemad edukalt läbin.
33. Õppesisu tuleb mulle edaspidi kasuks.
34. Ma ei saa päris täpselt kõigest õppematerjalides sisalduvast aru.
35. Töölehtede hea organiseeritus aitab mul olla kindel, et ma õpin nende teemade kohta midagi uut.
36. Saab olema meeldiv töötada nii hästi läbi mõeldud õppesisu kallal.

**Lisa 7. Õpilaste motivatsiooniküsimustik – järelküsimustiku väited, millele õpilane pidi vastama viiepallisel Likerti skaalal (1 – ei nõustu üldse, 2 – pigem ei nõustu, 3 – nii ja naa, 4 – pigem nõustun, 5 – nõustun täielikult).**

1. Kui ma töölehtedega tutvusin, oli mul tunne, et need teemad on mulle lihtsad.
2. Nende tundide juures tundus olevat midagi huvitavat, mis köitis kohe algul minu tähelepanu.
3. Töölehtedel olevast õppesisust oli keerulisem aru saada kui ma oleksin oodanud.
4. Pärast sissejuhatavate tekstidega tutvumist tundsin end kindlalt ja teadsin, et õpin midagi uut.
5. Kui ma lahendasin töölehtedel olevad ülesanded ära, tundsin end rahulolevana.
6. Saan hästi aru, kuidas nende kahe tunni jooksul omandatu on seotud sellega, mida juba varasemalt keemiast tean.
7. Töölehtedel oli nii palju informatsiooni, et oli keeruline eristada olulist ebaolulisest.
8. Õppematerjalid olid pilkupüüdvad.
9. Töölehtedel oli teksti, jooniseid või näiteid, mis aitasid mul aru saada, miks need teemad võiksid olulised olla.
10. Nende teemade edukas omandamine oli mulle tähtis.
11. Töölehtedel olev kirjalik info aitas mu tähelepanu tundide teemal hoida.
12. Õppesisu tundus nii abstraktne, et mul oli keeruline oma tähelepanu koondada.
13. Tundsin end uue õppesisu omandamisel kindlalt.
14. Ma nautisin uut õppesisu nii palju, et ma tahaksin nende teemade kohta rohkem teada saada.
15. Õppematerjalid ei olnud pilkupüüdvad.
16. Uus teema oli seotud sellega, mis mind keemia juures huvitab.
17. See, kuidas info oli töölehtedele kirja pandud, aitas mul tähelepanu hoida.
18. Sain nendes tundides teada näiteid või selgitusi selle kohta, kuidas õpitavat teavet edaspidi kasutada.
19. Ülesanded töölehtedel olid liiga keerulised.
20. Töölehtedel oli midagi, mis tekitas minus uudishimu.
21. Ma nautisin väga nende teemade õppimist.



22. Töölehtede sisu oli korduv ja see tekitas minus igavust.
23. See, kuidas info oli kirja pandud, jättis mulle mulje, et nende teemade kohta tasub teada.
24. Ma õppisin nendes tundides midagi, mis võis tunduda ootamatu või üllatav.
25. Olen kindel, et sooritan edukalt töö, mis hõlmab nendes tundides õpitud teemasid.
26. Õppesisu polnud minu jaoks asjakohane, sest ma teadsin juba varasemalt nende teemade kohta kõike.
27. Tagasiside, mida pärast ülesannete lahendamist sain, tekitas minus rahuloleva tunde.
28. Ülesannete, teksti ja jooniste vaheldus aitas mu tähelepanu tunni teemal hoida.
29. Töölehtede stiil oli igav.
30. Ma suudan seostada uut õppesisu sellega, mida olen varem näinud, teinud või mõelnud.
31. Töölehtedel oli nii palju teksti, et see oli minu jaoks ärritav.
32. Ma tundsin end hästi, kui ma uued teemad edukalt läbisin.
33. Õppesisu tuleb mulle edaspidi kasuks.
34. Ma ei saanud päris täpselt kõigest õppematerjalides sisalduvast aru.
35. Töölehtede hea organiseeritus aitas mul olla kindel, et ma õpin nende teemade kohta midagi uut.
36. Oli meeldiv töötada nii hästi läbi mõeldud õppesisu kallal.

## Lisa 8. Õppematerjalide selgitused ja lahendused ekspertõpetajatele

Esimene tööleht

### SÜSIVESINIKUD

Õppeaine: keemia

Teema: süsivesinikud

Klass: 9. klass

Ajaline kestus: ~ 30 min

Eesmärgid: analüüsida alkaanide ehitust ja koostada nende valemeid ning nimetusi

Õpilase eelteadmised ja -oskused: õpilane oskab kirjeldada süsiniku omadusi ja levikut looduses; selgitada lihtsamate süsinikuühendite (metaan, süsinikoksiid, süsinikdioksiid) struktuure, omadusi ja levikut

Mõisted: süsivesinik, alkaan

Õpiväljundid: õpilane koostab alkaanide valemeid ja nimetusi

Töölehel kasutatavate mudelite lingid:

Mudel 1 (propaan) – <https://sketchfab.com/3d-models/propane-c13f88f562d14d7ba2429e1e79c22349>

Mudel 2 (metaan) – <https://sketchfab.com/3d-models/methane-99bb7229fb7b4d40a2b48848cf2d79f0>

Mudel 3 (etaan) – <https://sketchfab.com/3d-models/ethane-75550c644b9d49bdb5f292928c396dfa>

Mudel 5 (pentaan) – <https://sketchfab.com/3d-models/pentane-molecule-762827092f9e422fb7e1fce92fc38ed3>

Ülesande 2 vastused:

mudel	C aatomite arv	H aatomite arv	alkaani valem	alkaani nimetus
1	3	8	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	propaan
2	1	4	CH <sub>4</sub>	metaan
3	2	6	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	etaan
4	5	12	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	pentaan

## SÜSIVESINIKE PALJUSUSE PÕHJUSED

Õppeaine: keemia

Teema: süsivesinike paljususe põhjused

Klass: 9. klass

Ajaline kestus: ~ 25 min

Eesmärgid: analüüsida süsivesinike paljususe põhjuseid; eristada alkaane teistest süsivesinikest

Õpilase eelteadmised ja -oskused: õpilane oskab kirjeldada süsiniku omadusi ja levikut looduses; selgitada lihtsamate süsinikuühendite (metaan, süsinikoksiid, süsinikdioksiid) struktuure, omadusi ja levikut; koostada alkaanide valemeid ja nimetusi

Mõisted: süsivesinik, alkaan

Õpiväljundid: analüüsib süsinikuühendite paljususe põhjuseid; eristab alkaane teistest süsivesinikest

Töölehel kasutatavate mudelite lingid:

Mudel 1 (benseen) – <https://sketchfab.com/3d-models/benzene-177c608c4d074b878b10bb3be71b23f6>

Mudel 2 (tsükloheksaan) – <https://sketchfab.com/3d-models/cyclohexane-boat-conformation-5b3ca72602444fe399238b087d23c2af>

Mudel 3 (etüün) – <https://sketchfab.com/3d-models/ethyne-a6850671784540d1bb9addc2531c98f1>

Mudel 4 (buteen) – <https://sketchfab.com/3d-models/butene-96cbed485f8c40a19f8feeb0c625c2c0>

Mudel 5 (oktaan) – <https://sketchfab.com/3d-models/octane-4eaec98827ca4a388a5a857df71336b6>

Ülesande 2 vastused:

udel	alkaan/ alkeen/ alküün	nimetus	põhjus(ed), miks on/ei ole tegemist alkaaniga	hargnemata/ hargnenud/ tsükliline ahel
1	alkeen	benseen	ei ole alkaan, sest molekulis on kahekordsed sidemed	tsükliline
2	alkaan	tsükloheksaan	on alkaan, sest molekulis on ühekorsed sidemed	tsükliline
3	alküün	etüün	ei ole alkaan, sest molekulis on kolmekordsed sidemed	hargnemata
4	alkeen	buteen	ei ole alkaan, sest molekulis on kahekordsed sidemed	hargnemata
5	alkaan	oktaan	on alkaan, sest molekulis on ühekorsed sidemed	hargnemata

Ülesande 3 võimalikud vastused

- süsiniku aatomid võivad ühendites olla erinevate sidemete arvuga
- süsiniku aatomid võivad ühendites olla erinevate sidemete kordsusega
- süsiniku aatomid võivad ühineda erinevate elementide aatomitega
- kui muuta süsinikuühendite aatomite järjestust, saame uued ühendid

Ülesande 4 vastused

Süsinik saab moodustada 4 kovalentset sidet.

Vesinik saab moodustada 1 kovalentse sideme.

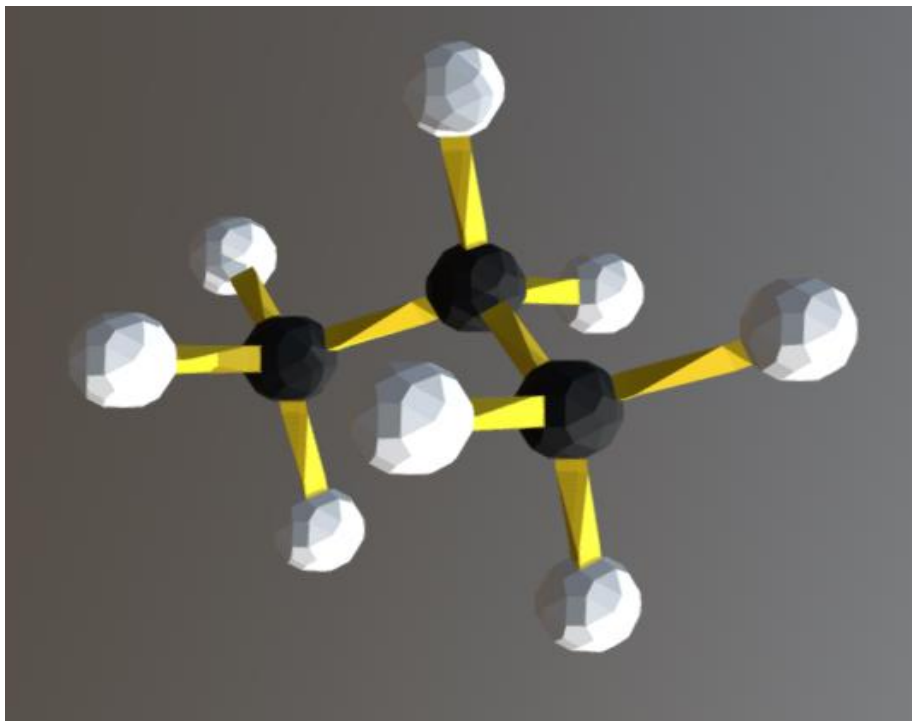
**Lisa 9. Küsimustik ekspertõpetajatele. Küsimustele 1-8 olid jah/ei küsimused, küsimused 9-14 vaba vastusega.**

1. Õppematerjal on vastavuses PRÕK-iga.
2. Õppematerjal toetab uute aineteadmiste omandamist.
3. Õppematerjalis sisalduvad liitreaalsuse mudelid võiksid olla õpilaste jaoks motiveerivamad kui kahemõõtmelised pildid.
4. Õppematerjalis kasutatud liitreaalsuse mudelid on korrektsed.
5. Õppematerjali ülesanded on 9. klassi õpilastele jõukohased.
6. Õppematerjal on loogiliselt üles ehitatud.
7. Õppematerjal on keeleliselt korrektne.
8. Kasutaksin tulevikus koostatud õppematerjale oma ainetundides.
9. Muudaksin õppematerjalide juures järgnevat:
10. Muud kommentaarid:
11. Kui kaua oled olnud õpetaja?
12. Kui kaua oled õpetanud keemiat?
13. Kas oled varasemalt liitreaalsusega kokku puutunud?
14. Kui vastasid eelmisele küsimusele jaatavalt, palun kirjuta oma kogemusest liitreaalsusega.

## Lisa 10. Kontrollrühmaga kasutatud kahemõõtmelised joonised

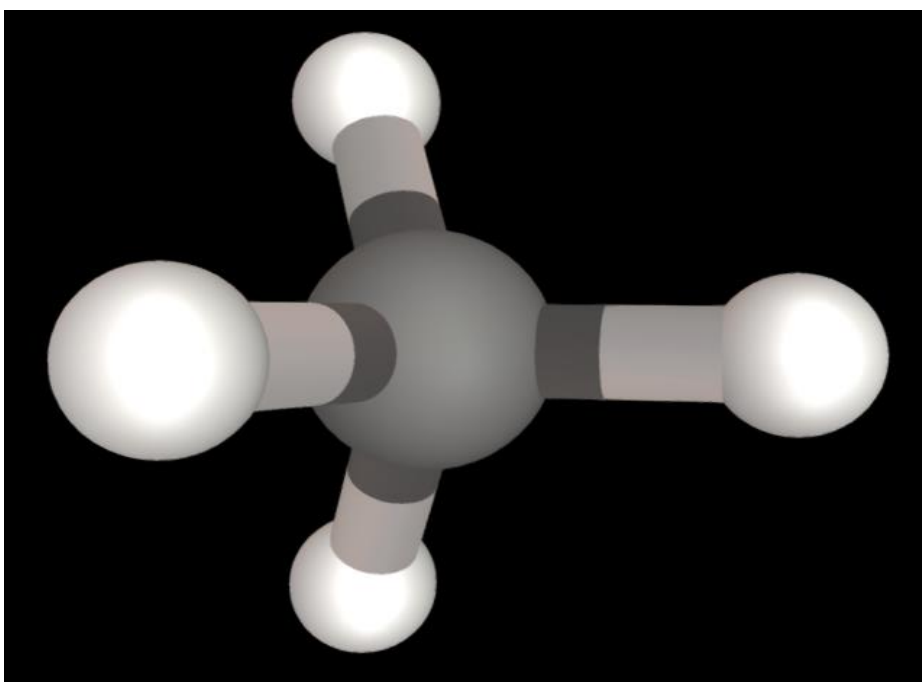
Esimene tööleht – alkaanide joonised

Alkaan 1:



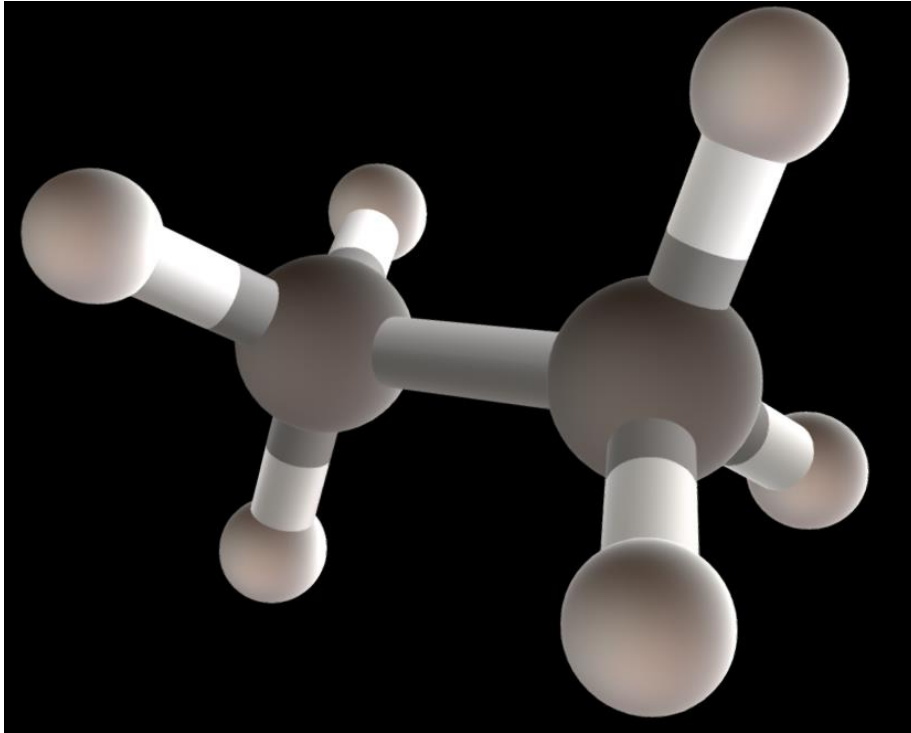
Allikas: <https://sketchfab.com/3d-models/propane-c13f88f562d14d7ba2429e1e79c22349>

Alkaan 2:



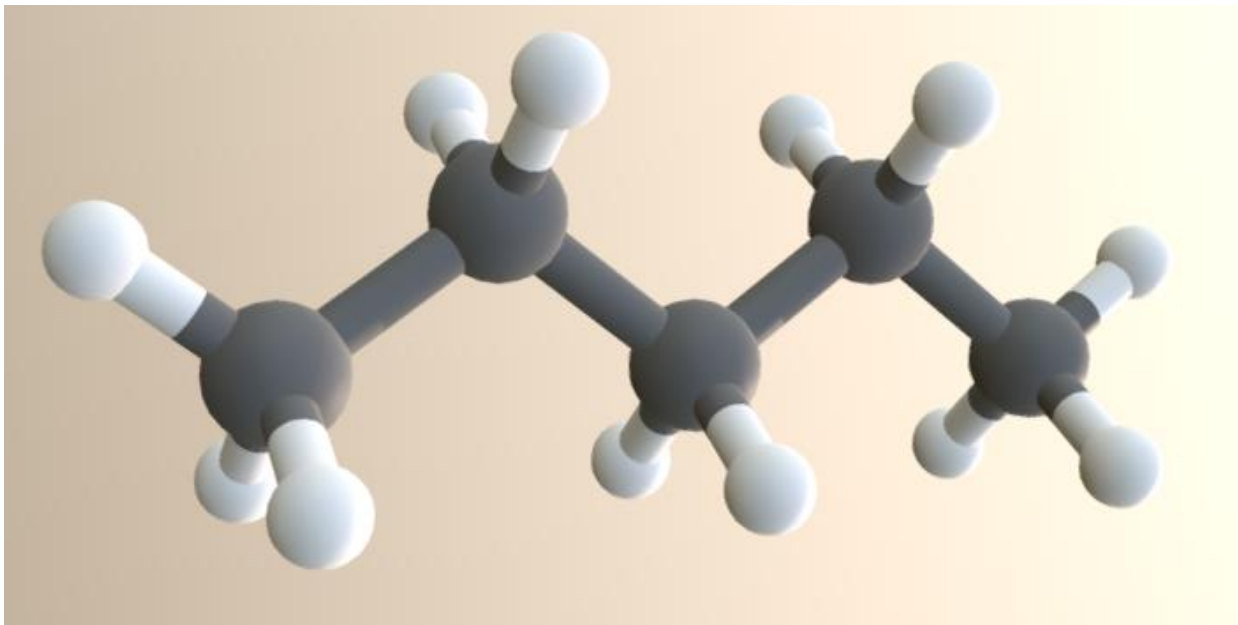
Allikas: <https://sketchfab.com/3d-models/methane-99bb7229fb7b4d40a2b48848cf2d79f0>

Alkaan 3:



Allikas: <https://sketchfab.com/3d-models/ethane-75550c644b9d49bdb5f292928c396dfa>

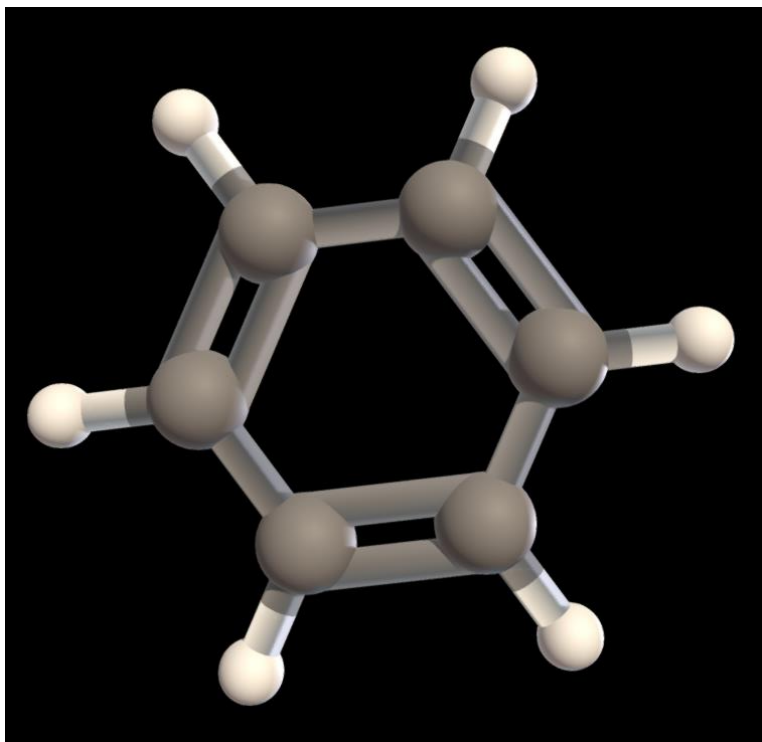
Alkaan 4:



Allikas: <https://sketchfab.com/3d-models/propane-c13f88f562d14d7ba2429e1e79c22349>

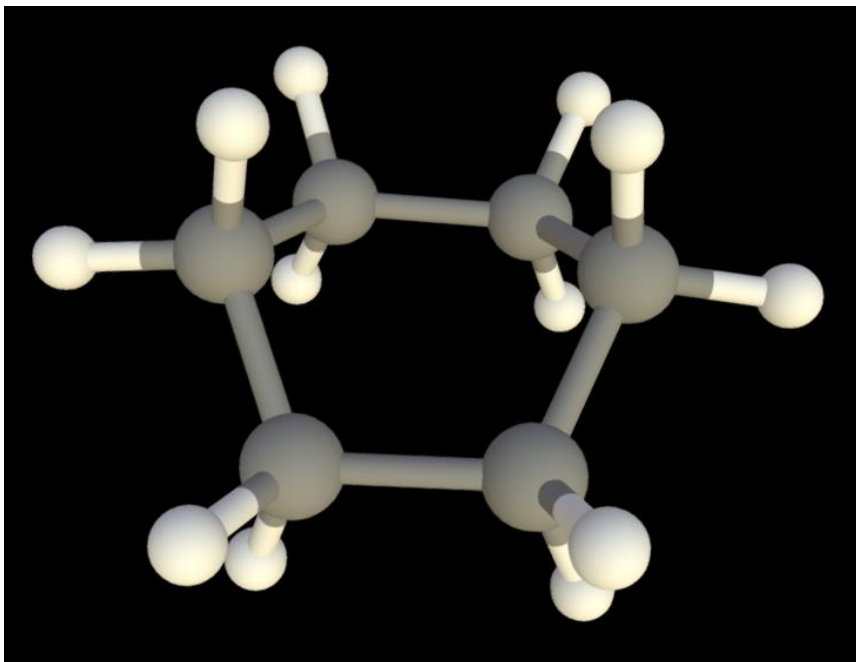
## Teine tööleht – erinevate süsivesinike joonised

### Süsivesinik 1:



Allikas: <https://sketchfab.com/3d-models/benzene-177c608c4d074b878b10bb3be71b23f6>

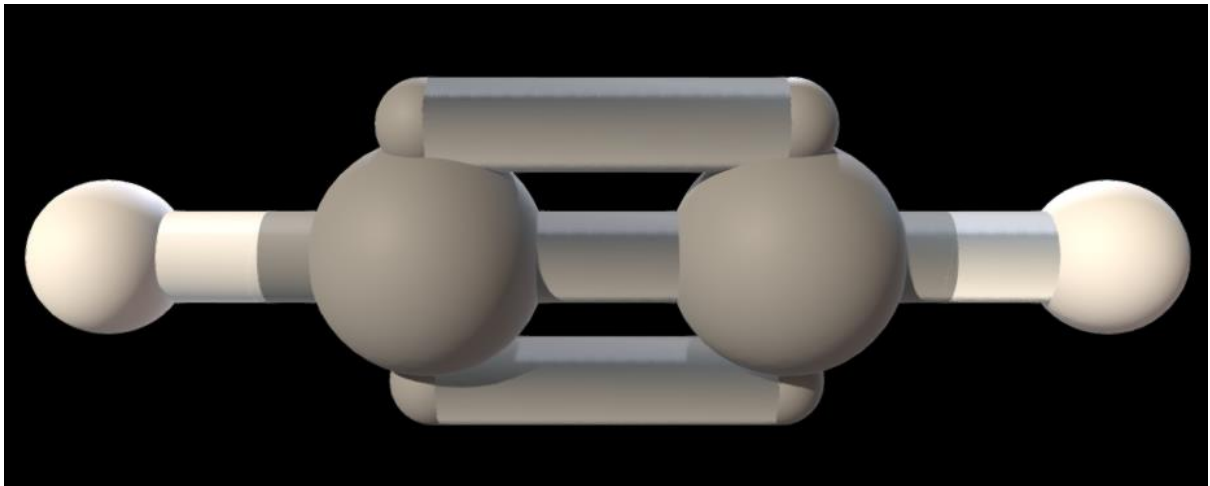
### Süsivesinik 2:



Allikas: <https://sketchfab.com/3d-models/cyclohexane-boat-conformation-5b3ca72602444fe399238b087d23c2af>

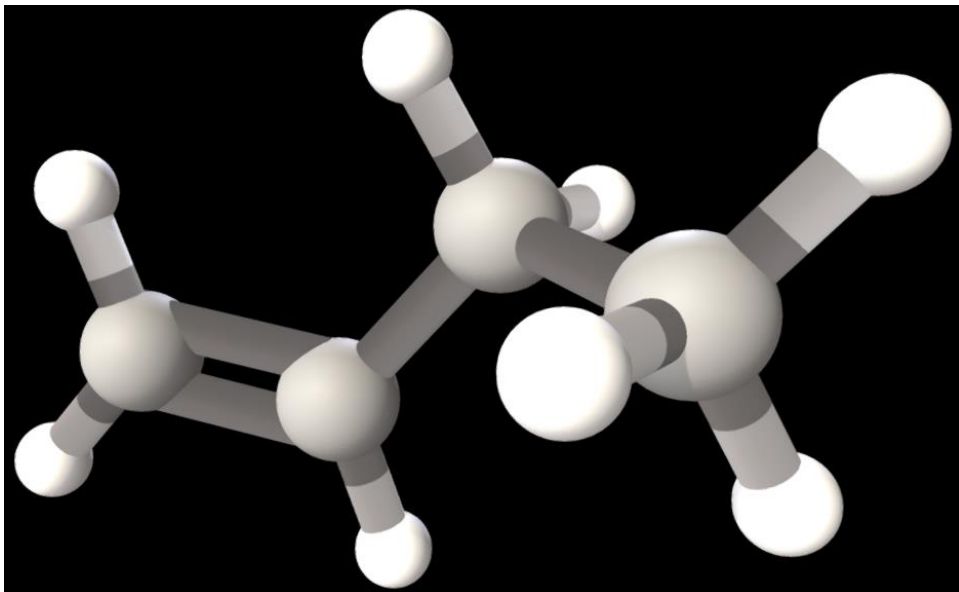


Süsivesinik 3:



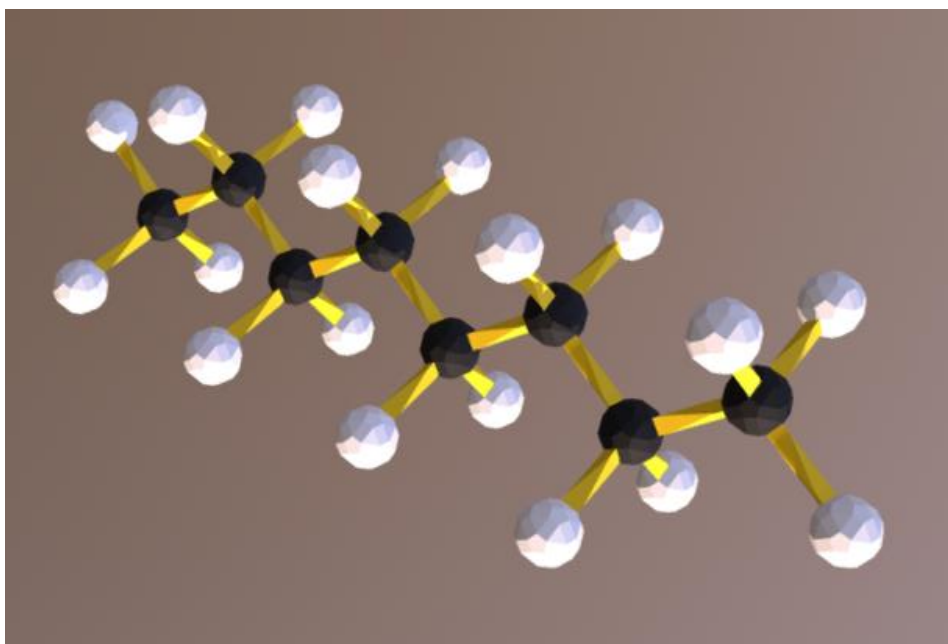
Allikas: <https://sketchfab.com/3d-models/ethyne-a6850671784540d1bb9addc2531c98f1>

Süsivesinik 4:



Allikas: <https://sketchfab.com/3d-models/butene-96cbcd485f8c40a19f8feeb0c625c2c0>

Süsivesinik 5:



Allikas: <https://sketchfab.com/3d-models/octane-4eaec98827ca4a388a5a857df71336b6>

**Lisa 11. Katse- ja kontrollrühma motivatsioon.**

Väide		katserühm		kontrollrühm	
		eel- küsimustik	järel- küsimustik	eel- küsimustik	järel- küsimustik
Tähelepanu	Nende tundide juures tundus olevat midagi huvitavat, mis köitis kohe algul minu tähelepanu.	3,6	3,7	3,3	3,2
	Õppematerjalid olid pilkupüüdvad.	3,2	3,1	3,4	3,5
	Töölehtedel olev kirjalik info aitas mu tähelepanu tundide teemal hoida.	3,3	3,5	3,5	3,6
	<b>Õppesisu tundus nii abstraktne, et mul oli keeruline oma tähelepanu koondada.</b>	3,6	3,8	3,5	3,4
	<b>Õppematerjalid ei olnud pilkupüüdvad.</b>	3,6	3,7	3,6	3,7
	See, kuidas info oli töölehtedele kirja pandud, aitas mul tähelepanu hoida.	3,7	3,7	3,5	3,5
	Töölehtedel oli midagi, mis tekitas minus uudishimu.	3,4	3,6	3,1	3,2
	<b>Töölehtede sisu oli korduv ja see tekitas minus igavust.</b>	4,2	3,9	4,0	3,6
	Ma õppisin nendes tundides midagi, mis võis tunduda ootamatu või üllatav.	3,4	3,1	3,4	3,2

	Ülesannete, teksti ja jooniste vaheldus aitas mu tähelepanu tunni teemal hoida.	4,1	4,0	4,0	3,8
	<b>Töölehtede stiil oli igav.</b>	3,8	3,8	3,7	4,0
	<b>Töölehtedel oli nii palju teksti, et see oli minu jaoks ärritav.</b>	3,7	3,7	3,2	3,6
Olulisus	Saan hästi aru, kuidas nende kahe tunni jooksul omandatu on seotud sellega, mida juba varasemalt keemiast tean.	4,0	3,8	2,8	3,4
	Töölehtedel oli teksti, jooniseid või näiteid, mis aitasid mul aru saada, miks need teemad võiksid olulised olla.	3,7	3,7	3,1	3,0
	Nende teemade edukas omandamine oli mulle tähtis.	3,7	3,8	3,6	3,6
	Uus teema oli seotud sellega, mis mind keemia juures huvitab.	2,9	3,2	3,1	3,2
	Sain nendes tundides teada näiteid või selgitusi selle kohta, kuidas õpitavat teavet edaspidi kasutada.	3,0	2,9	2,9	3,0
	See, kuidas info oli kirja pandud, jättis mulle mulje, et nende teemade kohta tasub teada.	3,3	3,2	2,9	2,6
	<b>Õppesisu polnud minu jaoks asjakohane, sest ma teadsin juba</b>	4,6	4,4	4,6	4,3

	<b>varasemalt nende teemade kohta kõike.</b>				
	Ma suudan seostada uut õppesisu sellega, mida olen varem näinud, teinud või mõelnud.	3,4	3,2	3,5	3,0
	Õppesisu tuleb mulle edaspidi kasuks.	3,5	3,8	3,7	3,9
Enesekindlus	Kui ma töölehtedega tutvusin, oli mul tunne, et need teemad on mulle lihtsad.	3,1	3,3	3,6	3,5
	<b>Töölehtedel olevast õppesisust oli keerulisem aru saada kui ma oleksin oodanud.</b>	3,3	3,4	2,9	3,0
	Pärast sissejuhatavate tekstidega tutvumist tundsin end kindlalt ja teadsin, et õpin midagi uut.	3,9	4,0	3,9	4,0
	<b>Töölehtedel oli nii palju informatsiooni, et oli keeruline eristada olulist ebaolulisest.</b>	3,6	3,6	2,9	2,8
	Tundsin end uue õppesisu omandamisel kindlalt.	3,3	3,5	3,6	3,5
	<b>Ülesanded töölehtedel olid liiga keerulised.</b>	3,6	3,9	3,1	3,5
	Olen kindel, et sooritan edukalt töö, mis hõlmab nendes tundides õpitud teemasid.	3,4	3,3	1,4	1,7

	<b>Ma ei saanud päris täpselt kõigest õppematerjalides sisalduvast aru.</b>	3,2	3,3	2,5	3,0
	Töölehtede hea organiseeritus aitas mul olla kindel, et ma õpin nende teemade kohta midagi uut.	3,7	3,8	3,0	3,6
Rahulolu	Kui ma lahendasin töölehtedel olevad ülesanded ära, tundsin end rahulolevana.	4,2	4,1	4,3	3,9
	Ma nautisin uut õppesisu nii palju, et ma tahaksin nende teemade kohta rohkem teada saada.	2,9	3,3	2,6	2,8
	Ma nautisin väga nende teemade õppimist.	2,9	3,6	2,7	3,0
	Tagasiside, mida pärast ülesannete lahendamist sain, tekitas minus rahuloleva tunde.	4,1	3,6	3,5	3,1
	Ma tundsin end hästi, kui ma uued teemad edukalt läbisin.	4,6	4,2	4,5	4,3
	Oli meeldiv töötada nii hästi läbi mõeldud õppesisu kallal.	3,8	4,1	3,7	3,8

\* Paksemas kirjas on tähistatud 10 negatiivset väidet.

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, Geidi Mitt,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose „Liitreaalsuse kasutamise mõju süsivesinike teema õppimisel keemias,“ mille juhendajad on Teele Jürivete ja Margus Pedaste, reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

*Geidi Mitt*

**22.05.2020**